



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE NIVELES DE CAROTENOIDES NATURALES
(HARINA DE PIMIENTO ROJO) (*Capsicum annuum* L.) EN LA
ALIMENTACIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN
LA ETAPA DE FINALIZACIÓN EN JUAN MONTALVO, CAYAMBE,
PROVINCIA DE PICHINCHA”**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Manuel Andrés Imbaquingo Abalco

DIRECTOR:

Ing. Silvia Nogales, PhD.

Ibarra – Ecuador

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE NIVELES DE CAROTENOIDES NATURALES (HARINA DE PIMIENTO ROJO) (*Capsicum annuum* L.) EN LA ALIMENTACIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN EN JUAN MONTALVO, CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADA:

Ing. Silvia Nogales, PhD.
Director de tesis

Ing. Juan Pablo Aragón, MSc.
Asesor de tesis

Dr. Luis Nájera.
Asesor de tesis

Ing. Alexandra Jácome, MSc.
Asesora de tesis

Ibarra – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la siguiente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos

Patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad del contenido de la misma y saldré en defensa de Universidad Tecnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los 23 días de febrero de 2017

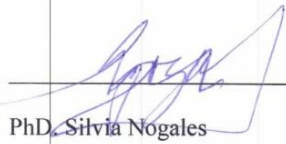
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Imbaquingo', is written over a horizontal line.

Andrés Imbaquingo

CERTIFICACION DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Manuel Andrés Imbaquingo Abalco, bajo mi supervisión.

Ibarra a los 23 días de febrero de 2017



PhD. Silvia Nogales



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	100386822-9		
Apellidos y nombres:	Imbaquingo Abalco Manuel Andrés		
Dirección:	Cayambe. barrio América calle 11 de diciembre y Rubén Rodríguez		
Email:	abalcoandres@yahoo.es		
Teléfono fijo	2-127-642	Teléfono móvil	0981295480

DATOS DE LA OBRA	
Título:	"EVALUACIÓN DE NIVELES DE CAROTENOIDES NATURALES (HARINA DE PIMIENTO ROJO) (<i>Capsicum annuum</i> L) EN LA ALIMENTACION DE TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) EN LA ETAPA DE FINALIZACION EN JUAN MONTALVO, CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA
Autor:	Imbaquingo Abalco Manuel Andrés
Fecha:	2017
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Agropecuario
Director:	Ing. Silvia Nogales, PhD.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Imbaquingo Abalco Manuel Andrés, con cédula de ciudadanía Nro.100386822-9; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 23 de febrero de 2017

EL AUTOR



Imbaquingo Abalco Manuel Andrés

C.I.: 100386822-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO

DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Imbaquingo Abalco Manuel Andrés**, con cédula de ciudadanía Nro. **100386822-9**; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada, **"EVALUACIÓN DE NIVELES DE CAROTENOIDES NATURALES (HARINA DE PIMIENTO ROJO) (*Capsicum annuum* L) EN LA ALIMENTACION DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE FINALIZACION EN JUAN MONTALVO, CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días de febrero de 2017

Imbaquingo Abalco Manuel Andrés

C.I.100386822-9

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme vida y salud, a mis padres por estar en los momentos más difíciles de mi vida.

De manera especial agradezco a la Sra. Zoila Quimbiulco y al Sr. Manuel Andrango por haber abierto el camino hacia la superación demostrándome que un sueño no tiene precio material únicamente el precio del esfuerzo. Para ellos mil gracias.

También quiere extender un sentimiento de gratitud a mi directora de trabajo de grado la Dra. Silvia Nogales y asesores Dr. Luis Nájera, Ing. Juan Aragón, e Ing. Alexandra Jácome quienes con su conocimiento, paciencia y abnegada vocación de docente han sabido guiarme por el sendero del bien y del éxito profesional. A todos ustedes, gracias.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres quienes me formaron con buenos sentimientos y valores que me ayudaron a superarme y llegar a este punto de mi vida.

A mis Primas quienes me apoyaron para conseguir cada uno de mis objetivos propuestos en mi vida.

A mis amigos quienes compartimos experiencias, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante este tiempo estuvieron a mi lado apoyándome y lograran que este sueño se haga realidad.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURA.....	iii
ÍNDICE DE ANEXO.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO I	1
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1.Problema	1
1.2.Justificación	2
1.3.Objetivos	3
1.3.1.Objetivo general.....	3
1.3.2.Objetivos específicos	3
1.4.Formulación de hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
2.MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.Origen de la trucha.....	4
2.1.1.Clasificación zoológica.....	4
2.1.2.Regionalización.....	4
2.1.3.Generalidades.....	5
2.2.Aspectos biológicos	5
2.2.1.Dimorfismo sexual.....	6
2.3.Etapas de desarrollo de la trucha.....	6
2.4.Entorno ambiental.....	7
2.5.Alimentación.....	8
2.5.1.Nutrientes esenciales.....	9
2.5.2.Sustancias pigmentantes	11
2.6. Insumos pigmentantes.....	13
2.6.1.Pigmentos sintéticos.....	13
2.6.2.Desechos de crustáceos	14
2.6.3.Levaduras.....	15
2.6.4.Algas	17
2.6.5.Plantas superiores.....	18
2.7.Obtención del extracto del pimiento	20

CAPÍTULO III.....	21
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Caracterización del área de estudio.....	21
3.2. Materiales, Herramientas. Equipos, Insumos y Fármacos	21
3.2.1 Materiales de campo	21
3.2.2. Equipos	21
3.2.3 Material experimental	22
3.2.4 Insumos	22
3.3. Métodos.....	22
3.3.1 Factor en estudio	22
3.3.2. Diseño experimental	22
3.3.3. Características del experimento	23
3.3.4. Características de la unidad experimental.....	23
3.3.5. Análisis estadístico.....	23
3.3.6. Variables a evaluar.....	24
3.3.7. Manejo específico del experimento fase 1	26
3.3.8. Manejo específico del experimento fase 2.....	27
CAPÍTULO IV.....	29
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Ganancia de peso	29
4.2 Longitud.....	30
4.3. Sobrevivencia.....	32
4.4. Coloración de la carne	32
4.5. Análisis organoléptico de la carne	35
4.6. Análisis de costos de producción.....	37
CAPÍTULO V	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1. CONCLUSIONES	38
5.2. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros óptimos del agua para el desarrollo de la trucha arco iris	8
Tabla 2. Alimentación recomendada para trucha arcoíris	9
Tabla 3. Requerimientos de aminoácidos de a trucha	10
Tabla 4. Nivel energético global	10
Tabla 5. Requerimiento vitamínico	11
Tabla 6. Caracterización del área de estudio	21
Tabla 7. Tratamientos a evaluar en el estudio “Evaluación de niveles de carotenoides naturales (harina de pimiento rojo) (<i>Capsicum annuum</i> L) en la alimentación de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en la etapa de finalización en Juan Montalvo, Cayambe, provincia de Pichincha”	22
Tabla 8. Características del experimento	23
Tabla 9. Esquema del ADEVA en el estudio “Evaluación de niveles de carotenoides naturales (harina de pimiento rojo) (<i>Capsicum annuum</i> L) en la alimentación de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) en la etapa de finalización en Juan Montalvo, Cayambe, provincia de Pichincha”.	23
Tabla 10. Sistema de alimentación de truchas	28
Tabla 11. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua en las instalaciones acuícolas de Moderna Alimentos	29
Tabla 12. Parámetros de eficiencia nutritiva y crecimiento en las truchas al final del experimento ...	31
Tabla 13. Rangos de las características de color	32
Tabla 14. Resultados obtenidos para la variable contenido de carotenoides en el musculo al final del ensayo	33
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable contenido de carotenoides en el músculo	34
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para contenido de carotenoides (µg/Kg)	34
Tabla 17. Valoración de las características de color	35
Tabla 18. Relación costo benéfico para el tratamiento T1 (1.5 % Harina de pimiento)	37
Tabla 19. Relación costo benéfico para el tratamiento T2 (2.5 % Harina de pimiento)	37
Tabla 20. Relación costo benéfico para el tratamiento T3 (3.5 % Harina de pimiento)	37
Tabla 21. Relación costo benéfico para el tratamiento T4 (balanceado comercial sin pigmento)	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación taxonómica de la trucha	4
Cuadro 2. Dimorfismo sexual	6

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Abanico colorimétrico de ROCHE®	25
Figura 2. Ganancia de peso registrada a los 15, 30, 45 y 63 días, donde se observa las diferentes ganancias de peso en los diferentes tratamientos	30
Figura 3. Longitud registrada a los 0,15, 30, 45 y 63 días del experimento.	31

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Distribución de tratamientos y repeticiones	46
Anexo 2. Análisis sensorial para la característica de color antes de la cocción.....	46
Anexo 3. Rangos de las características de color	47
Anexo 4. Análisis sensorial para la característica de color después de la cocción	47
Anexo 5. Rangos de las características de color	47
Anexo 6. Valoración de las características de textura	48
Anexo 7. Rangos de las características de textura	49
Anexo 8. Valoración de las características de olor	49
Anexo 9. Rangos de las características de olor.....	50
Anexo 10. Valoración de la característica del sabor.....	50
Anexo 11. Rangos de las características de sabor.....	50
Anexo 12. Valoración de las características de aceptabilidad	51
Anexo 13. Rangos de las características de aceptabilidad.....	51
Anexo 14. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T1	53
Anexo 15. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T2	54
Anexo 16. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T3	55
Anexo 17. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T2	56
Anexo 18. Construcción de las jaulas	57
Anexo 19. Construcción de las jaulas	57
Anexo 20. Adecuación del pimiento para	57
Anexo 21. Secado del pimiento	57
Anexo 22. Molido del pimiento	57
Anexo 23. Elaboración de las dietas	58
Anexo 24. Dosificación de la harina	58
Anexo 25. Balanceado adherido	58
Anexo 26. Limpieza y desinfección de	58
Anexo 27. Ubicación de los animales	58
Anexo 28. Alimentación	58
Anexo 29. Toma de datos.....	59
Anexo 30. Visita de la comisión asesora	59
Anexo 31. Sacrificio de los animales	59
Anexo 32. Fileteado	59
Anexo 33. Estandarización del color.....	59
Anexo 34. Comparación entre tratamientos	59
Anexo 35. Análisis organoléptico.....	59
Anexo 36. Mapa de ubicación	60

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe Provincia de Pichincha con la finalidad de EVALUAR NIVELES DE CAROTENOIDES NATURALES (HARINA DE PIMIENTO ROJO) (*Capsicum annuum* L.) EN LA ALIMENTACIÓN DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN. Los objetivos específicos fueron: Determinar la cantidad óptima de harina de pimiento rojo en dietas balanceadas para trucha arco iris, estimar el contenido de carotenoides en el músculo, realizar el análisis organoléptico de la carne y establecer los costos de producción y la relación costo beneficio. El factor en estudio fue el porcentaje de harina de pimiento en el balanceado comercial. Se utilizaron tres dosis de harina de pimiento comparados con el testigo que fue el balanceado comercial sin pigmento. El ensayo tuvo una duración de 9 semanas y se realizó en tres piscinas, cada piscina represento una repetición donde todos los tratamientos tuvieron iguales condiciones físico- químicas del agua así como el mismo caudal, donde se ubicaron 4 jaulas de 1 m³ de malla metálica por cada piscina, en cada jaula se colocaron 25 truchas de 100 gr. Las variables evaluadas fueron: ganancia de peso, longitud, conversión alimenticia (ICA), tasa de crecimiento específico (TCE), sobrevivencia, coloración de la carne, contenido de carotenoides en el músculo, análisis organoléptico de la carne y análisis de costos de producción. Los resultados para las variables comerciales y de producción (peso, longitud, ICA, TCE y sobrevivencia) indicaron que no existen diferencias significativas mientras tanto que los resultados en las variables coloración de la carne y contenidos de carotenoides en el músculo presentaron diferencias significativas siendo el mejor tratamiento el T3 (3,5% de harina de pimiento), además el mayor margen de ganancia presente el T3 seguido por el T2 lo que indica que es factible utilizar harina de pimiento rojo como insumo pigmentante de la carne de trucha arco iris.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the parish of Juan Montalvo, Cayambe Province of Pichincha, with the purpose of EVALUATING LEVELS OF NATURAL CAROTENOIDS (*Capsicum annuum* L.) IN THE FOOD OF TROUT ARCO IRIS TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) AT THE STAGE OF FINALIZATION. The specific objectives were: To determine the optimum amount of red pepper flour in balanced diets for rainbow trout, to estimate the carotenoid content in the muscle, to perform the organoleptic analysis of the meat and to establish the costs of production and the benefit ratio. The factor in study was the percentage of pepper flour in the commercial balance. Three doses of pimento meal were used compared to the control that was the commercial balance without pigment. The test lasted 9 weeks and was performed in three swimming pools, each pool representing a repetition where all treatments had the same physical-chemical conditions of the water as the same flow, where 4 cages of 1 m³ of metallic mesh were located per Each pool, in each cage were placed 25 trout of 100 gr. The variables evaluated were: weight gain, length, feed conversion (ICA), specific growth rate (TCE), survival, meat coloration, muscle carotenoid content, organoleptic meat analysis and production cost analysis. The results for the commercial and production variables (weight, length, ICA, TCE and survival) indicated that there are no significant differences while the results in the variables coloration of meat and carotenoid contents in the muscle presented significant differences being the Better T3 treatment (3.5% pepper flour), in addition the greater profit margin present the T3 followed by the T2 indicating that it is feasible to use red pepper flour as a pigmenting input of the meat of rainbow trout.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Liñan (2007), menciona que la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es nativa de la costa Pacífica de Norteamérica. La evidencia nos indica que el hábitat original y nativa de la trucha arco iris se extendió desde un área aislada de la sierra madre en el sur de México hasta el sistema del Río Kuskokwin de Alaska en el norte. Pero, como todos sabemos, hoy en día se encuentra por todo el mundo, en todos los continentes.

Es importante destacar la importancia de la Trucha arco iris en la producción acuícola nacional, según registros de la FAO (2012), presentó un incremento inter anual del 34, 8% variando la producción de 269 a 1 559 toneladas, respectivamente.

Un criterio fundamental de aceptación de salmónidos es el impacto visual dado por la coloración rojo-rosado de la carne, los consumidores tienen preferencias por los productos rojo-coloreados de peces salmónidos, la coloración rojiza contribuye significativamente a la imagen de carne de salmónidos, y puede tener un gran valor, señalado como indicador de calidad del producto. Esta característica es distintiva de este grupo, lo que contribuye a darle un sello de exclusividad a su imagen, a diferencia de otros productos alimenticios de origen animal que son juzgados básicamente por su sabor, textura etc. (Andino & López, 2011).

1.1. Problema

La actividad acuícola ha crecido de manera continua a nivel global. En el Ecuador es una de las principales fuentes de ingresos en las zonas rurales de la Región sierra y parte de la costa ecuatoriana, sin embargo, la falta de conocimientos técnicos de producción y de asignar un valor agregado a este producto ha sido una limitante en los pequeños productores de este importante rubro. Uno de los principales factores que afectan al consumo de la carne de trucha es la coloración de la misma siendo la única solución existente la pigmentación en forma química, cuyo valor representa del 15 al 20 %, del costo de la dieta alimenticia en toda la etapa productiva y por ende la salida de divisas ya que estos productos son importados (Imaki, 2003).

Hoy en día la aplicación de colorantes naturales es poco conocido en los productores de truchas además la poca investigación realizada en este campo limita el uso de los mismos siendo

muy contribuyente una investigación que aporte con nuevos conocimientos en la coloración con carotenoides naturales.

Los colorantes naturales son carotenoides que poseen las plantas pueden ser una alternativa de uso en la actividad productiva, cuya aplicación beneficiara en la producción de carne de alta calidad en términos de color que son requeridos en los grandes centros de comercialización del país. La incorporación de colorantes naturales en la alimentación de truchas de engorde puede ser una estrategia económica, es así que los carotenoides naturales que aporta el pimiento rojo es una alternativa de coloración de la carne de trucha.

El uso de estos carotenoides naturales del pimiento es una alternativa para proporcionar el color exigido por los consumidores que es la coloración número 25 según la escala de coloración ROCHE ®, y conjuntamente la reducción de los costos de producción de los productores de esta carne.

1.2. Justificación

La producción de truchas, constituye una actividad importante de las zonas con fuentes de agua ya sean estos ríos y lagunas y consecuentemente hay piscifactorías en pequeña escala, existe explotaciones en determinadas provincias. A más de ser una importante fuente de empleo en zonas rurales, como también proporciona ingresos económicos a las familias a través del proceso de comercialización.

El uso de carotenoides naturales en la alimentación de la trucha utilizada como colorante de la carne permite no solo reducir los costos de producción, sino reducir la utilización de productos químicos que intervienen en la etapa productiva.

La finalidad de la presente investigación es probar diferentes porcentajes de extractos de pimiento rojo incorporados al alimento. Considerándose lo antes mencionado como un factor limitante en la producción de truchas, amerita realizar la presente investigación poniendo a disposición de los pequeños productores esta nueva tecnología que contribuirá de manera directa a la comunidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar tres niveles de carotenoides naturales (harina de pimiento rojo) (*Capsicum annuum*) en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de finalización, para mejorar las características organolépticas de la carne; en la Parroquia Juan Montalvo Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad óptima de harina de pimiento rojo en dietas balanceadas para trucha arco iris.
- Estimar el contenido presente de carotenoides en el músculo.
- Realizar el análisis organoléptico de la carne.
- Establecer los costos de producción y la relación costo- beneficio.

1.4. Formulación de hipótesis

H₀: La adición de carotenoides naturales al balanceado comercial no incide en la coloración de la carne.

H_a: La adición de carotenoides naturales al balanceado comercial incide en la coloración de la carne.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen de la trucha

La trucha “Arco Iris” (*Oncorhynchus mykiss*), es una especie íctica perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, que debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo (Ragash, 2009).

En Ecuador, la siembra de trucha se inició en 1928, mediante un acuerdo entre el Gobierno y una empresa canadiense que seleccionó ríos, riachuelos y lagos de la región interandina para el cultivo de dicha especie. La explotación de la trucha con fines de exportación la realizan unas pocas empresas legalmente constituidas y que practican el cultivo y algunas comunidades indígenas que proveen a los exportadores. En el año 1992 la estación piscícola “Arco Iris” del Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca (MICIP) se concreta en la reproducción artificial de truchas destinadas al abastecimiento de alevines a piscicultores particulares que se dediquen al cultivo de esta especie. (Mora et al., 2004).

2.1.1. Clasificación zoológica

Cuadro 1. Ubicación taxonómica de la trucha

Reino:	Animal
Sub-reino:	Metazoos
Tipo:	Cordado
Super clase:	Gnathostomata
Clase:	Osteichthyes
Sub-clase:	Actinopterygii
Orden:	Salmoniformes
Sub-orden:	Salmonoidei
Familia:	Salmonidae
Subfamilia:	Salmoninae
Género:	<i>Oncorhynchus</i>
Especie:	<i>Mykiss</i>

Fuente: Liñan, (2007)

2.1.2. Regionalización

Se sabe que la trucha arco iris es nativa de la costa Pacífica de Norteamérica, la evidencia nos indica que el hábitat original y nativo de la trucha se extendió desde un área

aislada de la Sierra Madre en el sur de México hasta el sistema del Río Kuskokwim de Alaska en el norte. Pero como todos sabemos, hoy en día se encuentra distribuido por todo el mundo, siendo los mayores productores; Chile, seguido por Noruega y Turquía (Liñan, 2007).

2.1.3. Generalidades

La trucha arco iris es una especie utilizada en actividades de acuicultura en todo el mundo, por su facilidad de adaptarse a zonas de agua fría. El Ecuador por sus condiciones climáticas y de altura optó, décadas atrás (1930), por la construcción de salas de incubación y alevinaje en las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Azuay. La introducción de ovas embrionadas de trucha sirvió para poblar los ríos y lagunas de la Región Interandina (Imaki, 2003).

En 1993, el Gobierno del Japón otorgó al Ecuador un préstamo no reembolsable, que permitió la construcción del Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC), ubicado en Papallacta, Provincia de Napo, que se inauguró en 1996. Las actividades del centro se enfocaron principalmente en la producción de huevos y alevines de trucha, investigación y capacitación, todas tendientes al fomento y desarrollo de la piscicultura. En 1998, el CENIAC-P se constituyó en un soporte significativo de la difusión de truchicultura en el país. Por razones logísticas pasó a depender del Ministerio de Comercio Exterior Industrialización Pesca y Competitividad (MICIP) (Imaki, 2003).

2.2. Aspectos biológicos

La trucha arco iris pertenece a la familia Salmonidae, se caracteriza por presentar un cuerpo fusiforme (forma de huso), es de color plateado y la parte ventral de color crema; tanto en el dorso como en los flancos presenta manchas y lunares negros y marrones (Mantilla, 2004). El nombre de este pez deriva de la peculiar coloración que posee, misma que varía en función del medio, de la talla, del sexo, del tipo de alimentación, y del grado de maduración sexual (Philips, 2006).

- **Forma**

Tiene forma fusiforme con simetría bilateral, comprimido lateralmente, aplanada en el sentido dorso-ventral, alargados, ideal para la natación, presentan apéndices especialmente modificado que son las aletas (Philips, 2006).

- **Piel lisa**

Esta lubricada por glándulas que segregan una película de gelatina llamada mucus, que tiene la función de defender su cuerpo contra sustancias tóxicas, impide la fijación de parásitos en el cuerpo, le facilita la natación como consecuencia de una disminución de la resistencia al agua, también lo protege de la pérdida de escamas (Philips, 2006).

2.2.1. Dimorfismo sexual

Cuadro 2. Dimorfismo sexual

	MACHO	HEMBRA
Boca y mandíbula	Grande y puntiaguda	Pequeña y redondeada
Dientes	Agudos	No muy agudos
Musculatura	Dura	Suave
Abdomen	Duro	Más blanda
Poro genital	No prominente	Prominente
Color nupcial	Muy negruzco	Normal
Ancho de cuerpo	Angosta	Ancha
Forma de cuerpo	Delgada	Redondeada

Fuente: (Imaki, 2003).

2.3. Etapas de desarrollo de la trucha

Según Ragash (2009), el desarrollo biológico de la trucha comprende 5 etapas:

- a) **Ova.-** Son los huevos fecundados que después de un promedio aproximado de 30 días de incubación, eclosionan para convertirse en larva.
- b) **Alevino.-** Son peces pequeños que miden de 3cm. A 10 cm. Con un peso que oscila entre 1.5 a 20 g.
- c) **Juvenil.-** Son peces que miden de 10 cm. A 15 cm. Cuyo peso es generalmente de 20 a 100 g.
- d) **Comercial.-** Es la etapa especial, donde los peces han recibido el proceso de engorde para ser comercializados, estos miden 15 cm. a 22cm. Con un peso de 100 a 200 g.

2.4. Entorno ambiental

Hábitat

El hábitat natural de la trucha son los ríos, lagos y lagunas de aguas frías, limpias y cristalinas. La “trucha arco iris” prefiere las corrientes moderadas y ocupa generalmente los tramos medios de fondos pedregosos y de moderada vegetación (Figuerola, 2009).

La trucha como otros peces no puede vivir, nacer y reproducirse en cualquier agua, sino que requiere para ello de aguas frías, limpias, transparentes y bien oxigenadas. El rango porcentual en la que la trucha crece y se reproduce satisfactoriamente, está entre los 8°C y 17°C. Las aguas que presentan temperaturas menores a los 9°C no favorecen el crecimiento normal, pues este es demasiado lento; así mismo, temperaturas mayores a los 19°C, por ser de bajo contenido de oxígeno disuelto, no son apropiados para la trucha (Mantilla, 2004).

Distribución

Según Figuerola (2009), en el Ecuador se distribuye en casi todos los ambientes de agua dulce de la sierra, al haberse adaptado a los ríos, lagunas y lagos de las zonas alto andinas. Su distribución en los ríos se halla continuamente alterada por su gran movilidad, pues migran de una zona a otra, dependiendo de la estación del año, estado biológico, de las horas del día, del tipo de alimento y épocas de reproducción.

Condiciones de calidad del agua

Para un normal desarrollo de *Oncorhynchus mykiss* es indispensable que el agua cumpla con condiciones de calidad exigentes esto garantiza que las truchas tengan un ambiente óptimo para su subsistencia. Los parámetros abióticos como temperatura, pH y oxígeno disuelto, entre otros, representan las condiciones químicas que determinan la factibilidad del uso del agua para la crianza de peces.

Temperatura: Durante la incubación de los huevos, debe evitarse la temperatura mayor a 13°C por lo menos desde la fecundación hasta el emborrionamiento. Pasando el período embrionario la ova puede eclosionar sin obstáculo grave a una temperatura de 18°C (Imaki, 2003).

Oxigenación: Cuando el oxígeno disuelto está por debajo de 4 ml, ocasiona un mal desarrollo de la incubación con aparición de alevines deformes en tasa elevada (Imaki, 2003).

Tabla 1. Parámetros óptimos del agua para el desarrollo de la trucha arco iris

Parámetros fisicoquímicos	Rango óptimo
Oxígeno Disuelto	6,5 – 9 ppm
pH	6,5 - 8,5
CO ₂	<7 ppm
Alcalinidad	20-200 mg/L Ca CO ₂
Dureza	60-300 mg/L Ca CO ₂
NH ₃	No mayor de 100 mg/L
H ₂ S	Máximo aceptado de 0.002 mg/L
Nitratos	No mayor de 100 mg/L
Nitritos	No mayor 0,055 mg/L
Nitrógeno Amoniacal	No mayor de 0,012 mg/L
Fosfatos	Mayores de 500 mg/L
Sulfatos	Mayor de 45 mg/L
Hierro	Menores de 0,1 mg/L
Cobre	Menores de 0,05 mg/L
Plomo	0,03 mg/L
Mercurio	0,05 mg/L

Fuente: (FAO, 2002)

2.5. Alimentación

Liñan (2007), afirma que la ciencia de la nutrición y alimentación acuícola esta comprometida con el suministro de los nutrientes en la dieta de los peces., tanto de una forma directa en forma de un alimento”artificial” exogeno, o indirectamente. a travez del incremento en la producción de alimento vivo natural dentro del cuerpo del agua, en el cual los peces esten siendo cultivados.

En la nutrición de peces mantenidos bajo sistemas de cultivo extensivo y semiintensivo en estanques, contrasta marcadamente con los sistemas intensivo, donde la densidad de siembra es tal, que el alimento natural representa un papel mínimo, si es que lo tiene, en la nutrición de la trucha.

En la truchicultura se utilizan alimentos artificiales balanceados puesto que la trucha arco iris es una especie carnívora. Como nutrientes necesarios se puede citar proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, fibras y vitaminas. La formulación del alimento y tasa de

alimentación diaria, se hace de acuerdo a los requerimientos del pez, tomando como referencia determinados parámetros como: tamaño, peso y estadio sexual del animal.

Para estimar la cantidad de alimento a suministrar diariamente a un estanque o jaula, se debe tener en cuenta la temperatura del agua, estadio del pez, biomasa total por estanque. Hay que tener en cuenta que la calidad y rendimiento del alimento se puede medir a través del índice de conversión alimenticia (cantidad de alimento que come y se transforma en peso vivo) (Ragash, 2009).

Tabla 2. Alimentación recomendada para trucha arcoíris

Fase	Peso del pez (g)	Tamaño (mm)	Frecuencia (veces/día)	Suministro (% biomasa)	Alimento diario 10.000 truchas (kg)	Conversión alimento esperada
Cría/ pre-iniciador (50% PB; 16% lípidos)	< 0,23 0,23 – 0,5	Polvo fino <0,6	8 a 10 8	10 8,0	0,1 0,2 – 0,4	0,8 0,9
Cría/ iniciador (48% PB; 16% lípidos)	0,5 - 1,5 1,5 - 3,5 3,5 – 9,0	0,6 - 0,8 0,8 – 1,0 1,0 – 2,0	6 4 3	6,0 5,0 4,0	0,4 – 0,9 0,9 – 1,8 1,8 - 3,6	1,0 1,1 1,2
Levante (43% a 45% PB; 14% lípidos)	9 - 38 38 – 90	3,0 4,0	3 3	3,2 2,4	3,6 - 12 12 - 20	1,2 1,3
Engorde (43% PB; 8% a 16% lípidos)	90 – 450 450-1,500	5,0 6,0	2 1	2,0 1,4 - 1,2	20 - 90 90 - 180	1,6 1,8
Reproductores (40% PB; 8% a 14% lípidos)	> 1,500	8,0	1	1,0	150	1,8

Fuente: (Pardo, Quintero, & Quintero, 2011).

2.5.1. Nutrientes esenciales

Proteínas (Aminoácidos)

A continuación se señalan los requerimientos mínimos de ciertos aminoácidos para la trucha arco iris.

Tabla 3. Requerimientos de aminoácidos de a trucha

Arginina	2,5% de la dieta
Histidina	0,7% de la dieta
Lisina	2,1 % de la dieta
Metionina	0,5% de la dieta
Cisterna	1,0% de la dieta
Triptófano	0,2% de la dieta
Treonina	0,8% de la dieta
Valina	1,5% de la dieta
Leucina	1,0% de la dieta
Isoleucina	1,5% de la dieta

Fuente: (Orna, 2010)

Lípidos

Liñan (2007), sugiere que son un grupo heterogéneo de sustancias, encontradas tanto en tejidos vegetales como en animales, se caracterizan por ser relativamente insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos, como el éter cloroformo y benceno. Los lípidos son una fuente importante de energía metabólica (ATP). De hecho, de todos los nutrientes, los lípidos son los compuestos más energéticos, el valor energético global comparativo es:

Tabla 4. Nivel energético global

Lípidos	9,5 Kcal/g
Proteínas	5,6 Kcal/g
Carbohidratos	4,1 Kcal/g

Fuente: (Liñan, 2007).

Carbohidratos

La trucha puede utilizar pequeñas cantidades de carbohidratos digestibles (glucosa, lactosa, etc.), pero ni se debe suministrar más de un 9% de estos ni la ingesta diaria debe superar los 4,5 g por kilogramo de peso vivo. Si se suministran grandes cantidades de carbohidratos durante mucho tiempo se puede provocar cuantiosas pérdidas (Orna, 2010).

Minerales

- Los minerales son constituyentes esenciales de las estructuras esqueléticas, tales como huesos y dientes.

- Los minerales juegan un papel clave en el mantenimiento de la presión osmótica y consecuentemente, regulan el intercambio de agua y solutos dentro del cuerpo animal.
- Los minerales sirven como constituyentes estructurales de tejidos blandos.
- Los minerales son esenciales para la transmisión de los impulsos nerviosos y para las contracciones musculares.
- Los minerales juegan un papel vital en el equilibrio ácido-base corporal y consecuentemente regulan el pH de la sangre y otros fluidos corporales.
- Los minerales sirven como constituyentes esenciales de muchas enzimas, vitaminas, hormonas, pigmentos respiratorios, o como cofactores en el metabolismo, catálisis y como activadores enzimáticos.

Vitaminas

Actualmente se sabe que las truchas necesitan vitamina C. también precisan de vitaminas liposolubles (A, D, E y K), las cuales se incluyen normalmente en la mayoría de los piensos comerciales (Liñan, 2007).

Tabla 5. Requerimiento vitamínico

Requerimiento vitamínico	
Vitamina A	8.000 – 10.000 U.I./kg de pienso
Vitamina D	1.000 U.I./kg de pienso
Vitamina E	125U.I./kg de pienso
Vitamina K ₃	15-20 mg/kg de pienso
Vitamina C	450-500 mg/kg de pienso

Fuente:(Orna, 2010)

2.5.2. Sustancias pigmentantes

Se sabe desde hace mucho tiempo que el color rojo del músculo de algunas especies salvajes de salmónidos se debe a la presencia de pigmentos carotenoides liposoluble, estos pigmentos se acumulan cuando los peces ingieren otros organismos que los han asimilado a partir de su alimento (Orna, 2010).

La coloración de muchos productos marinos está dada por pigmentos que se identifican en el grupo de los carotenoides (Shahidi et al., 1998). Son compuestos principalmente liposolubles que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza (Foss et al., 1987).

Esta coloración es muy importante para especies acuícolas como salmónidos, exoesqueletos y tejidos epiteliales de especies con caparazones cuyos colores están definidos entre el rojo y amarillo (Bjerkeng, Storenbakken, & Liaaen-Jensen, 1992). El tono que adquieren se debe a que poseen la capacidad genética de almacenar pigmentos oxigenados en el músculo, piel y también en los ovarios (Khare et al., 1973; Schiebt, Bischof & Glinz, 1995).

Los salmónidos no tienen la capacidad de sintetizar carotenoides por sí mismos y por lo tanto son absolutamente dependientes de la dieta para lograr la pigmentación normal conocida (Christansen & Torrissen, 1996). Se ha identificado gran cantidad de carotenoides en salmones cuya absorción es bastante diferente, siendo mayoritariamente responsables del color los pigmentos aislados astaxantina (3,3'-dihidroxi β -caroteno-4,4'-diona) (Foss et al., 1987); (Hardy, Castro, & Capdeville, 1994); (Sinnot, 1989) y en forma menos abundante cantaxantina (β - β -caroteno-4,4'-diona) (Schiebt, Bischof, & Glinz, 1995).

La estructura básica de los carotenoides es un tetraterpeno de 40 carbonos, simétrico y lineal formado a partir de ocho unidades isoprenoides de 5 carbonos unidas de manera tal que el orden se invierte al centro. Este esqueleto básico puede modificarse de varias maneras como por ejemplo por hidrogenación, des hidrogenación, ciclación, migración del doble enlace, acortamiento o extensión de la cadena, reordenamiento, isomerización, introducción de funciones oxigenadas o por combinaciones de estos procesos, dando como resultado una gran diversidad de estructuras (Rodríguez- Amaya, 1997).

La propiedad pigmentante de los carotenoides está determinada por la presencia de una cadena de dobles enlaces conjugados que constituye el cromóforo en todos los carotenoides (Nickell & Bromage, 1997), pero estos dobles enlaces los hacen inestables y susceptibles a la oxidación y reorganización molecular, dando lugar a innumerables derivados e isómeros con distintos valores pigmentantes (Castro, 1992).

La molécula de astaxantina tiene dos átomos de carbono asimétricos equivalentes en la posición 3 y 3', pudiendo formar tres isómeros ópticos distintos: (3R, 3'R), (3R, 3'S)= (3S, 3'R), o forma meso y (3S, 3'S) (Castro, 1992). En truchas arcoíris, las proporciones de la composición configuracional de isómeros de astaxantina en la musculatura es sorprendentemente similar, estando los isómeros ópticos en porcentajes de 78 a 85% (3S, 3'S), 12 a 17% (3R, 3'R) y 2 a 6% (meso astaxantina); y para los isómeros geométricos en un 80% como forma trans y un 20% en forma cis (Schiebt, Bischof, & Glinz, 1995). Es importante

mentar que en el alimento del salmón salvaje se encuentra prácticamente la misma composición configuracional de isómeros de astaxantina y virtualmente estos no cambian al ser ingeridos, absorbidos y acumulados, por lo tanto, los tejidos presentan la misma proporción (Castro, 1992).

2.6. Insumos pigmentantes

2.6.1. Pigmentos sintéticos

La pigmentación muscular de salmónidos, por carotenoides es afectada por la fuente de pigmentos dietarios, nivel de dosificación, duración de la alimentación y composición de la dieta. A la fecha, los principales insumos pigmentantes utilizados comercialmente son la cantaxantina, producido por síntesis química por los laboratorios Hoffman La Roche. Empleado desde 1964 como agente colorante en productos alimenticios en Europa y Canadá y astaxantina sintetizado por los mismos laboratorios y el primer carotenoide aprobado a principio de los noventa como suplemento en alimento de peces en Norteamérica, Europa, Canadá y Japón. La producción de estos pigmentos se realiza por un pequeño número de compañías multinacionales especialistas en este tipo de proceso (Mantilla, 2004).

Ambos pigmentos son costosos, se utilizan solos o en combinación La capacidad de retención, definida como la proporción de lo ingerido que es retenido en la carne, se estima entre un 4 al 20% (Torrissen & Christiansen, 1995); (Bjerkeng, Storenbakken, & Liaaen-Jensen, 1992). Se ha establecido que el contenido de estos pigmentos en la dieta no debe exceder los 50 mg/kg debido a que la tasa de retención, disminuye al incrementarse el nivel de carotenoides dietarios (Torrissen, 1985).

La similitud en tono e intensidad de color con el que presentan los salmónidos silvestres, su estabilidad en la carne cuando es sometida a proceso de congelación, su disponibilidad en forma de peletizado seco entre otras, hace que la astaxantina sintética sea a pesar de su precio la principal fuente de pigmento para salmónidos. Las investigaciones más recientes sobre astaxantina sintética se centran principalmente, en la mezcla de sus isómeros, digestibilidad y efectos metabólicos en salmónidos (Bjerkeng, Storenbakken, & Liaaen-Jensen, 1992).

2.6.2. Desechos de crustáceos

La astaxantina en su forma libre, esterificada o formando complejos con proteínas, es el carotenoide más abundante en los crustáceos, siendo estos la fuente natural de pigmentos para los salmónidos silvestres. La astaxantina de este origen, ha sido evaluada como una fuente pigmentante, incorporando organismos como el camarón, *Penaeus japonicus* (Peterson *et al.*, 1966; (Kamata, 1985); (Choubert & Luquet, 1983), Copépodos *C. Finmarchicus* (Lambertsen & Braekkan, 1971), langostilla, *Pleuroncodes planipes* (Spinelli *et al.*, 1974; Spinelli & Mahnken, 1978; Coral *et al.*, 1998), el Krill, *Euphasia* sp. (Lambertsen & Braekkan, 1971); Ugleveit, 1974; Ellis, 1979; Scott *et al.*, 1994), el acocil, *Procambarus clarkii* (Meyers & Bligh, 1981)¹; Omara-Alwala *et al.*, 1985) a las dietas en forma fresca o deshidratada, produce pigmentación de la carne de diferentes grados de intensidad.

Se han realizado numerosos estudios para evaluar la utilización de los productos derivados del camarón y otros crustáceos como fuente pigmentante para las empresas salmoneras. (Binkowski, Sedmak, & Jolly , 1993), ya que se estima que a nivel mundial se genera una gran cantidad (1000 000 000 Tn) de residuos anuales, que consisten en el caparazón y la carne adherida a este, las vísceras y la cabeza. Estos esfuerzos han resultado infructuosos porque los desechos presentan un alto contenido de humedad, cenizas y quitina, bajo contenido de proteínas y una baja y variable concentración de pigmento (0 a 200 ppm de astaxantina), lo que dificulta incorporar los residuos de la industria de crustáceos directamente a dietas peletizadas de salmónidos (Torrissen , Hardy, & Shearer, 1989); (Simpson & Haard, 1985).

Harinas y extractos de aceites de crustáceos que contienen carotenoides también han sido investigados con resultados variables, lo cual ha dependido del contenido de pigmento en los desechos y el método con el cual estos pigmentos han sido extraídos, hay procesos de extracción que producen isómeros y derivados de astaxantina, que no pueden ser absorbidos por los salmónidos (Torrissen & Christiansen, 1995). Hasta la fecha el aprovechamiento de estos productos como fuentes de pigmentos para la industria salmonera de cultivo no ha sido posible, el uso de estas fuentes pigmentantes va a depender de los costos implicados de producción y del nivel y la disponibilidad de la astaxantina presente en ellos.

2.6.3. Levaduras

Una de las alternativas más promisorias para la pigmentación de salmónidos es la levadura *Phaffia rhodozyma* (Gentles & Haard, 1991; (Binkowski, Sedmak, & Jolly , 1993)(Tangeràs & Slinde, 1994); (Choubert, y otros, 1995); Johnson *et al.*, 1977; 1980; 1991). El alto contenido de astaxantina y el desarrollo de la tecnología que sustenta su cultivo, hacen posible esta opción.

La síntesis de pigmentos carotenoides es una característica de varias especies de levaduras. En general estas levaduras pertenecen a los géneros *Rhodotorula sanneii* (evaluada sin buenos resultados como insumo pigmentante, en trucha arcoíris por (Savoleinen & Gylleberg, 1970), *Rhodospiridium banno*, *Sporobolomyces kluyvery vannel*, *Cryptococcus* y *Phaffia rhodozyma*. Aunque existen otras levaduras que normalmente no sintetizan pigmentos pero pueden ser inducidas a hacerlo (Miller *et al.*, 1976).

La levadura *Phaffia rhodozyma* pertenece a la familia *Cryptococaceae* que sintetizan, además de pigmentos, β y γ carotenos a partir de la fermentación de azúcares. De los pigmentos que sintetiza esta levadura el 83% a 87% corresponde a 3R-3R' isómeros astaxantina, a concentraciones tan altas como 1% o más de su materia seca, (Haard, 1988); (An, Schuman, & Johonson, 1989), el resto corresponde a foenicaxantina y otros carotenoides menos importantes (Andrewes, Phaff, & Starr, 1976). Además, esta levadura se caracteriza por tener una pared celular compuesta principalmente por quitina (N -acetilglucosamina unidas por enlaces β 1-4 glucosídicos, como la celulosa) aunque también se encuentran polisacáridos unidos a proteínas ricas en cistina y lípidos) (Castro & Mena, 1994).

La cepa silvestre de la levadura *Phaffia rhodozyma* puede contener entre 30 y 800 mg de astaxantina libre /kg levadura seca (Markovits, 1991). En la actualidad mediante programas de selección y aislamiento de cepas mutantes, se ha llegado a concentraciones de 3.000 o más ppm de astaxantina de fermentación industrial (Johnson, 1989).

Otra característica importante de esta levadura es su aporte nutritivo, el cual también va a depender, en cierta medida, de la cepa, condiciones y medios de cultivos utilizados. (Jhonson, Villa, & Lewis, 1980) Indican que en comparación con otras levaduras la *Phaffia rhodozyma*. Tiene un bajo contenido de proteínas, aunque con un buen balance de aminoácidos esenciales para salmónidos (excepto metionina), un alto contenido de lípidos (con predominio de los

ácidos palmítico, oleico y linoleico) que incluso podrían promover la absorción intestinal de la astaxantina, y un alto contenido de vitaminas del complejo B, especialmente niacina (1,520 ppm) (Castro & Mena, 1994).

Los estudios preliminares de la utilización de esta levadura como insumo pigmentante fueron realizados por (Jhonson, Villa, & Lewis, 1980) en truchas arco iris alimentadas durante 42 días con dietas secas peletizadas. Estas dietas fueron suplidas con *Phaffia rhodozyma* entera o con *Phaffia rhodozyma* con su pared celular rupturada por métodos mecánicos, químicos o enzimáticos. De acuerdo a los resultados obtenidos, estos investigadores sugieren que aparentemente para un eficiente depósito del pigmento en la trucha se requiere de una disrupción mecánica (mediante homogeneización a 10,000 psi, libras por pulgada cuadrada, o moliendo con esferas de vidrio) o enzimática (hidrólisis de la pared celular usando preparados enzimáticos de *Bacillus circulans*) de la pared celular de la levadura. Así mismo determinaron que métodos químicos como digestión con HCL, a menudo, producen destrucción de los carotenoides y nutrientes, y en consecuencia no serían un método viable de utilizar.

Gentles & Haard (1991) utilizaron tratamientos de levadura *Phaffia rhodozyma* intactos con una concentración de 112 mg/kg de astaxantina en cuatro presentaciones molido mecánico, tratamiento enzimático, secado por aspersión, carotenoides extraídos y una dieta libre de pigmentos, para alimentar a la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) durante 8 semanas. Obteniendo un nivel de pigmentación mayor en piel y tejido muscular para el molido mecánico, seguido por el tratamiento enzimático, el secado por aspersión, y carotenoides extraídos y por último la dieta libre de pigmentos. La coloración obtenida al utilizar la dieta de secado por aspersión no coincide con la aseveración de que la astaxantina no es asimilada por la trucha arcoíris de la levadura en forma intacta.

Choubert *et al.*, (1995) compararon extractos de *Phaffia rhodozyma*, astaxantina sintética y cantaxantina sintética en concentraciones de 50-100 mg/kg en la dieta. Se evaluó la utilización en trucha arcoíris a través de aspectos metabólicos y digestivos, además de evaluar el color inducido por los diferentes pigmentos, retención y digestibilidad. Concluyendo que la astaxantina sintética, es mejor utilizada por trucha arcoíris en términos de pigmentación muscular y retención mientras que la cantaxantina y el extracto de *Phaffia* mostraron un comportamiento similar, aun cuando la concentración utilizada del extracto de levadura fue de 50 mg/Kg, presentando una mayor digestibilidad la dieta adicionada con *Phaffia*.

Resultados similares encontraron Coral *et al.*, (1998), al incorporar extractos de astaxantina de langostilla en extracto de aceite de bacalao, *Phaffia rhodozyma* y astaxantina sintética en el alimento de trucha arcoíris en concentraciones de 75 mg de pigmento por kg de alimento. Y evaluar concentración de astaxantina y color muscular encontrando resultados similares entre el depósito de astaxantina de langostilla en el músculo de trucha, así como cromaticidad roja (a^*) del tejido, a los obtenidos con la levadura *Phaffia rhodozyma*, pero menores con respecto a la astaxantina sintética.

Esta fuente de pigmentación promete ser una de las alternativas más promisorias para la pigmentación de salmónidos (Tangeràs & Slinde, 1994), enfatizando la creciente biodisponibilidad de fuentes de carotenoides microbianas. (Bjerkeng, 2000).

2.6.4. Algas

Los carotenoides son sintetizados de *novo* por todos los organismos fotosintéticos, incluyendo las cianobacterias, y ocasionalmente por las bacterias no-fotosintéticas y líquenes. En el mundo marino la síntesis de carotenoides se lleva a cabo esencialmente por el fitoplancton: micro algas, cianobacterias y otros organismos autótrofos, así como las microfitas y macrofitas bénticas (Young & Britton, 1998). Los carotenoides están ampliamente distribuidos en las diferentes divisiones de algas, sin embargo, la mayor diversidad se presenta en las clorofitas, en las cuales la localización de la astaxantina, como metabolito de alto valor agregado, está en función de las condiciones de cultivo específicamente temperatura e intensidad luminosa (Grung & Liaaen-Jensen, 1993).

En agua dulce, el alga verde unicelular *Haematococcus pluvialis* ha sido reconocida durante muchos años como un acumulador del carotenoide astaxantina, (Goodwin & Jamirkon, 1954); (Czygan, 1968); (Kobayashi, Kakizono, & Nagai, 1991); (Lorenz & Cysewski, 2000), bajo ciertas condiciones de stress, tales como alta irradiación, limitación de nitrógeno, las células de esta alga forma quistes y acumula en el citoplasma cantidades masivas de astaxantina a tal magnitud que el color cambia de verde a rojo (Goodwin & Jamirkon, 1954);(Borowitzka, Huisman, & Osborn, 1991); (Fan, Vonshak, & Boussiba, 1994). Esta alga ha recibido recientemente mucha atención debido a su capacidad de sintetizar y acumular grandes cantidades de astaxantina durante y al finalizar su fase de crecimiento (>1% de peso seco) (Czygan, 1968; Johnson & An, 1991).

La utilización de las esporas rupturadas de la micro alga *Haematococcus pluvialis* como fuente pigmentante en truchas arcoíris fue reportada por (Sommer, Potts, & Morrissy, 1991), obteniendo una pigmentación inferior a la requerida comercialmente, debido al elevado porcentaje de esterificación de la astaxantina presente y a una incompleta ruptura de las esporas de la micro alga. Los carotenoides analizados de esta alga han mostrado que la astaxantina es 3S, 3'S y están presentes primariamente como esterres de varios ácidos grasos (Restrom et al., 1981).

Otra micro alga utilizada para la pigmentación de salmónidos es *Chlorella vulgaris*, al respecto, Gouveia, Gomes & Empis (1998) reportaron mayor retención de carotenoides en el músculo que otras microalgas tales como *Spirulina* (Choubert, 1979) y *Haematococcus pluvialis* (Choubert & Heinrich, 1993), pero menos eficiente que la lograda con astaxantina sintética y una coloración muscular similar a la obtenida utilizando pigmentos sintéticos. También se ha informado que los géneros *Chlamidomonas*, *Chlorococcum*, *Neochloris* y *Protosiphon* contienen importantes cantidades de carotenoides (hasta 25.000 ppm de astaxantina, principalmente monoésteres) (Markovits, 1991); (Priksen & Inversen, 1994).

Markovits (1991), señaló que a pesar de que las microalgas son la fuente natural, con el más alto contenido de astaxantina conocido, el interés para la explotación comercial de estos organismos no ha sido suficiente debido a un menor desarrollo de las tecnologías de su cultivo, en comparación con organismos heterotróficos como las levaduras.

2.6.5. Plantas superiores

La utilización de vegetales como fuente de pigmentación para trucha arcoíris, se caracteriza porque al incorporarlos en el alimento se añaden pigmentos que con excepción del genero *Adonis*, no contienen astaxantina (la cual proporciona la coloración natural rosada al músculo y piel). Los pigmentos de origen vegetal al ser depositados en el músculo de los salmónidos proporcionan una coloración diferente o menos deseable que la astaxantina.

Según Peterson *et al.* (1966) reportaron que la inclusión de un extracto rico en xantofilas (paprika) en el alimento de trucha café, resultó en la deposición en piel y músculo proporcionando una coloración amarilla indeseable. Al alimentar a la trucha con pétalos de marigold (luteína) también se reporta una rápida deposición del pigmento en piel y músculo pero proporciona una coloración amarilla. Los efectos de la luteína fueron confirmados por Lee *et al.* (1978).

Torrissen *et al.*, (1989) reportaron la utilización de trucha arcoíris de las plantas *Hyppophaerhamoides* (luteína, zeaxantina, violaxantina, pero principalmente β -carotenos), *Tagetes erecta* (principalmente luteína) y *Cucurbita marcia* (zeaxantina y luteína), sin embargo, estos investigadores concluyen que estas plantas tendrían sólo un pequeño potencial de utilización como insumos pigmentantes, en dietas balanceadas de uso comercial. (Morimoto, Amato, & Okamoto, 1989); demostró el efecto de la acumulación de pigmentos de paprika en *Cyprinus carpio*.

Por otro lado, no todos los vegetales tendrían bajas perspectivas de utilización. (Hannasch & Nelson, 1990). Al utilizar el extracto saponificado del pimentón rojo o paprika (principalmente capsantina y capsorrubina) como fuentes de pigmentación para trucha arcoíris y Salmón del Atlántico, demostraron que este extracto tiene el potencial de reemplazar un 50% de la astaxantina utilizada en la formulación de dietas prácticas. Por lo tanto concluyeron, que el extracto de páprika se perfila como una buena fuente complementaria para la salmonicultura comercial. Al respecto Vernon, Ponce & Pedroza (1994); Yanar, Kumlu et al., (1997) y Alhtar & Gray (1999), reportan menor eficiencia en la pigmentación de trucha arco iris al utilizar red pepper (paprika) que los pigmentos comercialmente disponibles.

Otra fuente pigmentante con buenas expectativas de utilización son las flores de las plantas del género *Adonis*, que es el único género del reino vegetal que ha sido reportado como fuente de esteres de astaxantina (Markovits, 1991).

Kamata *et al.*, (1990) estudiaron la utilización de extractos y pétalos de *Adonis aestivalis* como fuente de pigmento para trucha arcoíris. Los extractos de *Adonis* confirieron un color rosado brillante a la carne de las truchas que lo consumieron, en cambio en el grupo de peces alimentado con pétalos enteros se encontró una mortandad del 36% de la población, después del primer mes de ensayo, lo que fue interpretado como resultado de la presencia de glucósidos tóxicos en los pétalos.

En México se han evaluado la utilización de oleorresinas no saponificadas de chile (*Capsicum annum*), su aplicación ha mostrado su potencial para pigmentar salmónidos. No obstante, aún falta continuar con la evaluación de las fuentes mencionadas y realizar los bioensayos pertinentes. Además de los estudios económicos que demuestren su factibilidad.

2.7. Obtención del extracto del pimiento

Martin et al., (1998) afirmaron que la obtención se la puede hacer mediante insolación de los pimientos a temperaturas de (19.8°C y $\text{HR} \leq 81\%$), hasta que los frutos presenten apariencia crujiente, y con una humedad del 8% las muestras posteriormente deben ser trituradas en un molino de disco y almacenadas en envases de vidrio.

CAPÍTULO III

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó cabo en las instalaciones de “MODERNA ALIMENTOS”, en la parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, Ecuador

3.1. Caracterización del área de estudio

Tabla 6. Caracterización del área de estudio

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Cayambe
Parroquia:	Juan Montalvo
Sector:	Barrio América
Altitud:	2830 msnm
Latitud:	0°11'16" N
Longitud:	76°52'37" W
Temperatura media anual:	12 °C
Precipitación anual	1000 – 2000 mm

Fuente: GAD. Municipal de Cayambe

3.2. Materiales, Herramientas, Equipos, Insumos y Fármacos

3.2.1 Materiales de campo

- Baldes
- Red de captura
- Fundas sello hermético
- Tubería agua
- Tina
- Bandejas
- Botas de caucho
- Guantes de caucho

3.2.2. Equipos

- Oxímetro
- Balanza
- Medidor de pH

- Termómetro
- Computadora
- Balanza gramera
- Cámara fotográfica

3.2.3 Material experimental

- Harina de pimienta
- Truchas

3.2.4 Insumos

- Balanceado de truchas Finalizador N° 5
- Yodo
- Sal en grano

3.3. Métodos

3.3.1 Factor en estudio

- **Porcentajes de extracto de pimienta en el balanceado**

Tabla 7. Tratamientos evaluados en el estudio “Evaluación de niveles de carotenoides naturales (harina de pimienta roja) (*Capsicum annuum* L) en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de finalización en Juan Montalvo, Cayambe, provincia de Pichincha”

Tratamientos	Porcentaje de harina de pimienta roja
T1	1,5 %
T2	2,5 %
T3	3,5 %
Testigo	Balanceado sin pigmento

Elaborado por: El autor

3.3.2. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (D.B.C.A.) con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

3.3.3. Características del experimento

Tabla 8. Características del experimento

Tratamientos:	4
Repeticiones	3
Total de unidades experimentales	12

Elaborado por: El autor

3.3.4. Características de la unidad experimental

La unidad experimental fue una jaula de metal recubierta con malla plástica que estuvo constituida por 25 truchas seleccionados al azar de edades y pesos similares (20 semanas, 20,5 cm \pm 3 y 100 \pm 3 gr), dando un total de 300 truchas los cuales fueron estudiados por 9 semanas.

Distribución de Tratamientos (Anexo N° 1)

- **COLOR NARANJA:** 1,5% de harina de pimienta rojo
- **COLOR VERDE:** 2,5 %. de harina de pimienta rojo
- **COLOR AZUL:** 3,5%. de harina de pimienta rojo
- **COLOR AMARILLO:** Balanceado sin pigmento

3.3.5. Análisis estadístico

Tabla 9. Esquema del ADEVA en el estudio “Evaluación de niveles de carotenoides naturales (harina de pimienta rojo) (*Capsicum annuum* L) en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la etapa de finalización en Juan Montalvo, Cayambe, provincia de Pichincha”.

Fuente de Variación	Gl
Total	11
Tratamientos	3
Error experimental	8

Elaborado por: El autor

Análisis Funcional

En los casos donde existieron diferencia significativa entre tratamientos se utilizó el test TUKEY al 5% de probabilidad.

3.3.6. Variables a evaluar

- **Ganancia de peso**

Para evaluar esta variable se tomó el peso inicial antes del ensayo y posteriormente cada 15 días hasta completar las nueve semanas de duración del ensayo.

- **Longitud**

Se tomó la longitud inicial y luego se evaluó cada 15 días conjuntamente con el peso del animal.

- **Conversión alimenticia**

Para esta variable se tomó el peso al inicio del ensayo, posteriormente cada 15 días hasta la finalización. Se calculó con los datos obtenidos de alimento total por cada tratamiento dividiendo para la ganancia de peso.

$$C.A. = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

- **Tasa de crecimiento específico**

Se efectuó la relación que existe entre el crecimiento y una unidad de tiempo, se expresó en porcentaje (%/tiempo)

$$TCE = [(\ln Pf - \ln Pi)/t] * 100$$

Ln Pf = Logaritmo natural del peso final

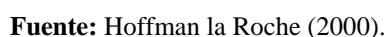
LnPi = Logaritmo natural del peso inicial

- **Sobrevivencia**

Se calculó de acuerdo a las truchas ingresadas al ensayo, por tratamiento y las truchas obtenidas después del mismo y expresada en porcentaje.

- **Coloración de la carne**

Figura 1. Abanico colorimétrico de ROCHE®.



Para la determinación de los patrones de absorción se procedió a cortar 100 gr de músculo de cada uno de los individuos al final del experimento de cada replica y se colocó en fundas de polietileno de sello hermético para posteriormente ser enviadas al laboratorio LABOLAB y cuyos resultados se obtuvieron en un lapso de 8 días que demoró el análisis. Se utilizó un espectrofotómetro uv/visible con capacidad de una celda y mecanismo totalmente computarizado, las lecturas se realizaron a la absorbancia máxima a 572 μm .

- **Análisis organoléptico de la carne**

Para esta variable se procedió a cocinar trozos de músculos en vapor sin ningún aditivo, envueltos en papel aluminio y se evaluó siguientes características: Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad, para esto se empleó 10 degustadores y se utilizará la siguiente fórmula de Friedman:

$$X^2 = \sum Ri^2 \frac{12}{dxt(t+1)} - (3(d)(t+1))$$

X^2 = valor de Friedman

12 = constante

D = degustadores

T = tratamiento

$\sum Ri^2$ = sumatoria de cuadrados en lo ranqueado

- **Análisis de costos de producción**

Se analizó los costos de producción, de acuerdo a los gastos efectuados desde el inicio de la compra de las truchas, el suministro del alimento, mano de obra para el cuidado de acuerdo a las necesidades, de igual manera el ingreso de venta de carne en kg. Todo esto según el método costo beneficio.

3.3.7. Manejo específico del experimento fase 1

- **Readecuación del área de investigación**

Para la investigación se utilizó un área total de 500 m² que estuvo compuesta de 12 jaulas con un área de 1 m³ (1 m largo x 1 m de ancho x 1 m de profundidad).

- **Obtención del extracto de pimienta**

Se utilizó pimientos rojos de segunda categoría con un peso promedio de 150 gramos, humedad de 87.7%, y su posterior secado al aire libre por 8 días hasta obtener pimientos secos con un

porcentaje de humedad del 12 %, después se procedió a molerlos en un molino de disco para obtener la harina.

- **Adquisición del balanceado comercial**

Para realizar la investigación se adquirió balanceado comercial para la etapa final sin pigmento.

- **Adición del extracto al balanceado**

El extracto fue adicionado en el balanceado de manera uniforme, para esto se añadió melaza a razón de 10 % del balanceado, luego se reposo a temperatura ambiente por un día, esto ayudo a que el pigmento se adhiera al balanceado además, este impidió la dilución del extracto en el agua.

- **Selección de animales**

Se seleccionó 300 truchas hembras de un lote de 10000 truchas para la fase de engorde de 20 semanas de edad aproximadamente, de acuerdo al cálculo efectuado de la carga animal por 1m³.

3.3.8. Manejo específico del experimento fase 2

- **Limpieza de piscinas**

La limpieza de piscinas se realizó previa a la instalación del ensayo.

- **Desinfección del área del ensayo**

Se realizó con cal viva, como medida profiláctica, por la acción antiparasitaria que esta tiene.

- **Construcción de jaulas**

Se construyó con estructura de varilla de hierro y posteriormente se cubrió con malla plástica N° 01 3mm x 1mm de calibre para los lados, la cual sirvió para evitar el paso de residuos entre tratamientos en cada piscina, además se utilizó malla plástica N° 15 8 mm x 5.5 mm para evitar la acumulación de residuos en el fondo de la jaula.

- **Colocación de los animales**

Al momento de iniciar el ensayo se distribuyó al azar 25 truchas por cada tratamiento en donde se seleccionó cinco unidades experimentales para realizar los análisis ya descritos anteriormente.

- **Peso inicial de las truchas**

Se tomó el peso de las truchas en una balanza analítica al inicio de la investigación como dato base por cada tratamiento una vez realizada la distribución.

- **Sistema de alimentación**

Se efectuó tres veces al día (a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas), hasta obtener un peso de finalización de 250 g y de 27 cm de longitud, su ración de alimento se calculó de acuerdo a su peso corporal y a la temperatura del agua, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 10. Sistema de alimentación de truchas

	Peso gr	Talla cm	% PESO CORPORAL temperatura del agua				
			10	12	14	16	18
Pre-inicio1-15-pulverizado	Larva	<1,1	5,1	6,2	7,4	8,8	10,6
Pre-inicio 2-50-granulado	0,2	1,1-1,5	4,1	4,9	5,9	7,1	8,5
	0,6	1,5-3,5	3,7	4,4	5,3	6,3	7,6
Inicio 45	0,6-1,5	3,5-5,0	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6
	1,5-5,0	5,0-6,0	2,6	3,1	3,7	4,4	5,3
Crecimiento 1-42	5,0-7,0	6,0-8,0	2,5	3	3,6	4,3	5,1
	7,0-9,0	8,0-9,0	2,2	2,7	3,2	3,8	4,6
Crecimiento 2-42	9,0-25,0	9,0-12,0	1,6	1,9	2,3	3,8	3,3
Engorde-40	25,0-57,0	12,0-15,0	1,4	1,6	2	2,3	2,8
Engorde-40	57,0-137,0	15,0-25,0	1,1	1,3	1,5	1,9	2,2
Acabado C/P-40	137,0-265,0	25,0-27,5	0,9	1	1,2	1,5	18

Fuente:(Pardo, Quintero, & Quintero, 2011)

- **Comercialización**

Se seleccionó de acuerdo al peso, y su venta se lo realizó por kilogramos

CAPÍTULO IV

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros físico químicos del agua se mantuvieron acorde a las exigencias de la especie, el caudal se mantuvo en el orden de $6.5\text{m}^3/\text{h}^{-1}$, permitiendo una renovación del 100% del volumen total (Tabla 11).

Tabla 11. Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua en las instalaciones acuícolas de Moderna Alimentos.

PARÁMETROS	PROMEDIO
Temperatura (°C)	11
Oxígeno disuelto (ppm)	80
Ph	6,5
Caudal	60

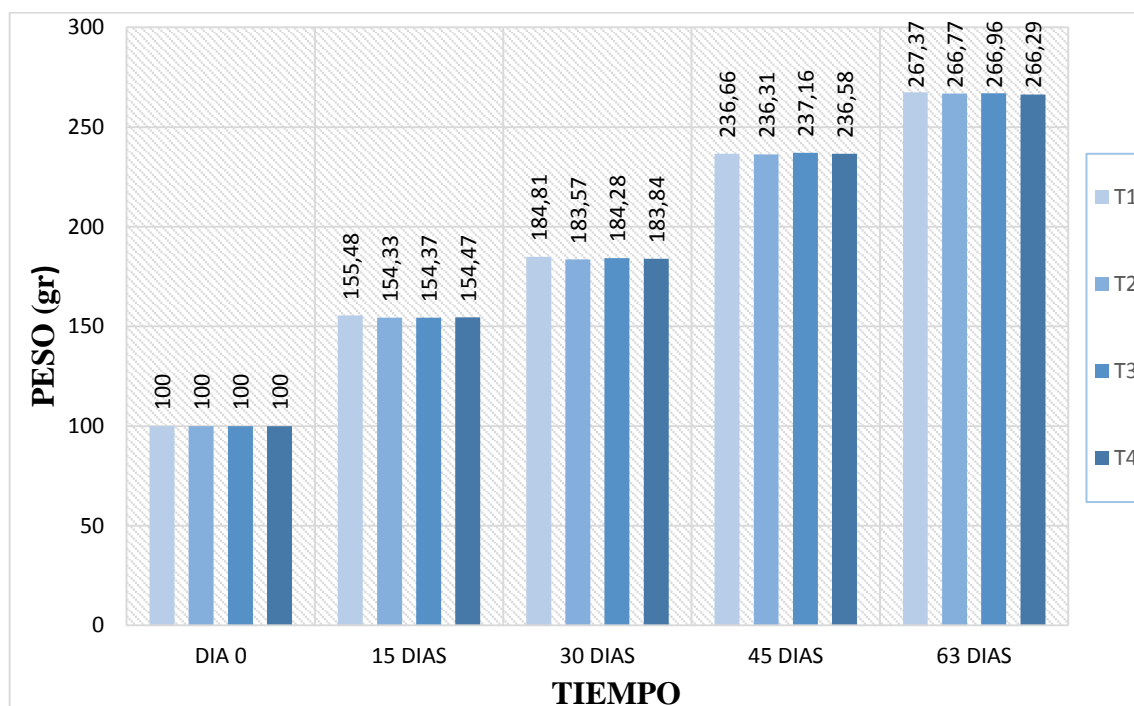
Fuente: Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos, LABOLAB (2015).

En la Tabla 11, se puede observar que los parámetros físico químicos fueron constantes a lo largo del experimento permitiendo un buen desarrollo de los animales tanto a nivel de crecimiento como de salud.

4.1. Ganancia de peso

Esta variable se evaluó cada 15 días, tomando como punto inicial el peso que corresponde a las 20 semanas que denominaríamos la semana 1 experimental y el experimento se prolongó hasta la novena semana, dicho incremento de peso lo podemos observar en la Figura 2. La cual nos muestra la ganancia de peso por etapas de crecimiento:

Figura 2. Ganancia de peso registrada a los 15, 30, 45 y 63 días, donde se observa las diferentes ganancias de peso en los diferentes tratamientos



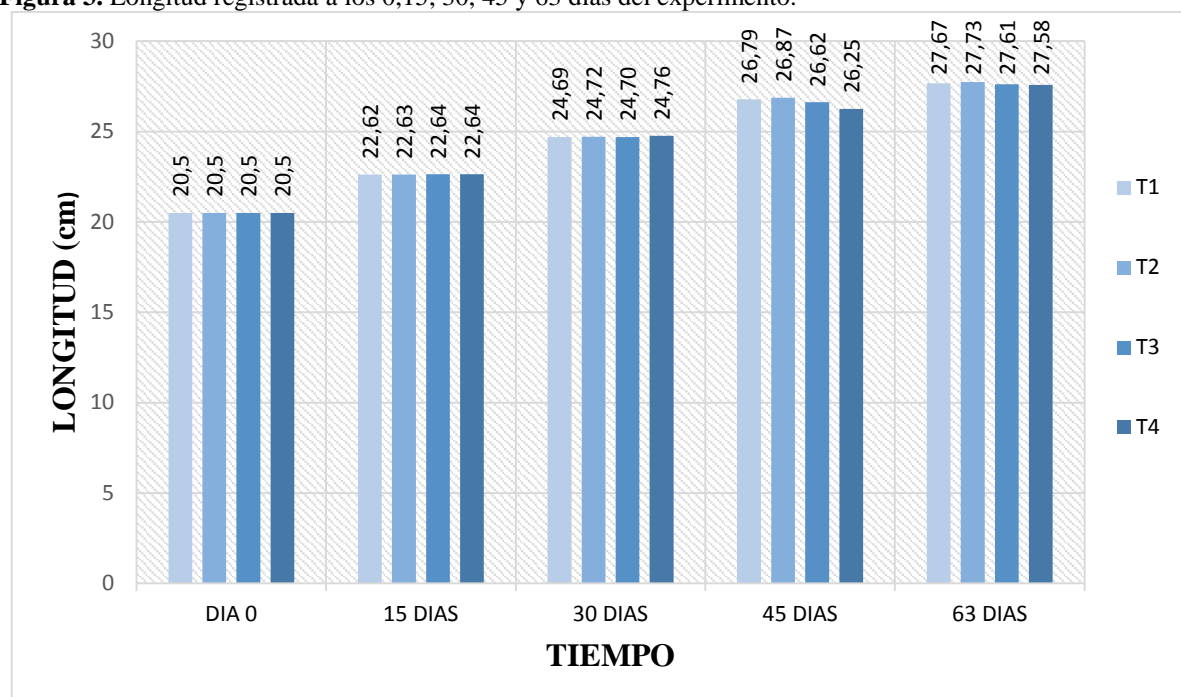
Elaborado por: El Autor

En la figura 2, se puede observar la ganancia de peso a lo largo del experimento, la cual no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados son similares aquellos obtenidos por Vernon et al. (1994) quienes indican que el empleo del pimienta rojo no influyó en la ganancia de peso de los peces.

4.2 Longitud

En la figura 3, podemos ver el crecimiento que fueron alcanzando los diferentes tratamientos a lo largo del experimento. Podemos ver que este crecimiento fue muy homogéneo entre tratamientos, excepto en el día 30, no obstante no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Figura 3. Longitud registrada a los 0,15, 30, 45 y 63 días del experimento.



Elaborado por: El Autor

Datos globales de crecimiento y eficiencia nutritiva

Tabla 12. Parámetros de eficiencia nutritiva y crecimiento en las truchas al final del experimento

Tratamientos	Pf	TCE	ICA	TAD
1	267,37	1,64	0,72	1,08
2	266,77	1,64	0,72	1,09
3	265,62	1,63	0,72	1,09
4	266,29	1,63	0,72	1,09
E.E.	1,63	0,01	0,01	0,01
P-valor	0,8889	0,9330	0,9223	0,7227

Elaborado por: El autor

En cuanto a los parámetros de crecimiento al final del experimento, podemos observar que tanto el Peso final (Pf) como la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) no hubo diferencia significativa entre tratamientos al igual que en los índices de conversión del alimento (TCE y TAD). De igual forma Vernon et al. (1994) encontró que los pigmentos empleados (*Tagetes erecta* y *Capsicum annum*) incorporados en los balanceados no afectaron los parámetros de crecimiento y conversión alimenticia en las truchas.

4.3. Supervivencia

No se registró ninguna baja durante el tiempo experimental, esto se lo atribuiría a las condiciones ideales bajo las que se encontraban los animales, como también a su genética y adaptación a las condiciones de crianza.

4.4. Coloración de la carne

Para la evaluación de las características organolépticas, el panel de degustadores se conformó de 10 personas que tienen conocimientos del tema, quienes calificaron en una escala de 1 a 10, siendo 1 el valor más bajo y 10 excelente para la coloración del músculo de la trucha antes de la cocción.

Para la evaluación se seleccionó aleatoriamente un individuo por tratamiento y posteriormente la trucha fue eviscerada y fileteada, cada filete tubo un peso promedio de 180 gramos y colocados sobre un fondo azul para evitar la distorsión del color por efecto de la luz.

Tabla 13. Rangos de las características de color

PANELISTA	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	
1	2	3	4	1	10
2	2,5	2,5	4	1	10
3	2	3	4	1	10
4	2	3,5	3,5	1	10
5	2,5	2,5	4	1	10
6	2	3	4	1	10
7	2	3,5	3,5	1	10
8	2,5	2,5	4	1	10
9	2	3	4	1	10
10	2,5	2,5	4	1	10
Σ	22	29	39	10	100
CUADRADOS	484	841	1521	100	
RANGOS	2,2	2,9	3,9	1	

Elaborado por: El Autor

VALOR X2	F.TAB 1%	F.TAB. 5%	SIGNIFICANCIA	MEJORES TRATAMIENTOS
26,76	11,345	7,815	**	T3-T2

Elaborado por: El Autor

En la Tabla 13, se observó que para la prueba de Friedman la característica de color previo a la cocción obtuvo diferencias significativas al 5%, mostrando una mayor pigmentación con el T3, seguido por el tratamiento T2. Se observó que a mayor adición de harina de pimiento rojo aumentó la coloración del musculo de la trucha, es así que al adicionar 3.5% (T3) de harina de pimiento se obtuvo mayor coloración del musculo de la trucha ubicándose en el puesto 24 de la tabla de coloración de salmónidos de Roche®, siendo este el mejor tratamiento en comparación con los demás tratamientos.

Según Hannasch & Nelson (1990) al utilizar el extracto saponificado del pimentón rojo o paprika (principalmente capsantina y capsorrubina) como fuentes de pigmentación para trucha arcoíris y Salmón del Atlántico, demostraron que este extracto tiene el potencial de reemplazar un 50% de la astaxantina utilizada en la formulación de dietas prácticas. Por lo tanto concluyeron, que el extracto de páprika se perfila como una buena fuente complementaria para la salmonicultura comercial.

Sin embargo, Vernon *et al.*, (1994), Yanar *et al.* (1997) & Akhtar *et al.* (1999) reportan menor eficiencia en la pigmentación de trucha arco iris al utilizar paprika que los pigmentos comercialmente disponibles.

4.8. Contenido de carotenoides en el músculo

Tabla 14. Resultados obtenidos para la variable contenido de carotenoides en el músculo al final del ensayo

Tratamientos (% de harina de pimiento rojo)	Medias
T1 (1,5 %)	15,70
T2 (2,5%)	18,20
T3 (3.5%)	24,50
T4 (0%)	15,40
Promedio	18,45

Elaborado por: El Autor

El tratamiento 3, que contenía un 3.5% de pimiento rojo fue el que obtuvo el valor más alto (24.5) a nivel de carotenoides.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable contenido de carotenoides en el músculo

F. V	SC	GL	CM	F. cal	F. Tab 5%	F. Tab 1%
Total	160,67	11				
Bloque	0,02	2	0,01	1 ns	5,14	10,92
Trat.	160,59	3	53,53	5353 **	4,76	9,78
Error.	0,06	6	0,01			

Elaborado por: El Autor

- **: Significativo al 5%
- CV: 0,54%
- X: 18,45

En el análisis de varianza (Tabla 15), se expone los resultados y observamos que existe diferencia significativa al 5% para los tratamientos. Se indica que al adicionar carotenoides del pimiento rojo durante las semanas en las que se evaluó, se observa que existe diferencia significativa entre tratamientos. Determinando que al suministrar harina de pimiento como fuente de pigmento en diferentes dosis en la alimentación de trucha arco iris, tiene influencia en el contenido de carotenoides en el músculo.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para contenido de carotenoides ($\mu\text{g/Kg}$)

Tratamientos	Medias	Tukey
T3	24,5	A
T2	18,2	B
T1	15,7	C
T4	15,4	D

Elaborado por: El Autor

Nota: Promedios que comparten la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba Tukey al 5 % de probabilidad.

En la Tabla 15 se exhibe los resultados del contenido de carotenoides del músculo de la trucha al final del ensayo, mostrando que T3 con 24,5 ($\mu\text{g/Kg}$), muestra el mayor contenido de carotenoides en el músculo, por ende; la mayor eficiencia de pigmentación de la carne, mientras que T2 con 18,2 ($\mu\text{g/Kg}$), T1 con 15,7 ($\mu\text{g/Kg}$) y T4 con 15,4 ($\mu\text{g/Kg}$), son los que registran menores valores de contenido de carotenoides en el músculo, siendo estos los que presentan menor eficiencia de en pigmentación del músculo.

4.5. Análisis organoléptico de la carne

Para la evaluación de las características organolépticas: el panel de degustadores se conformó de 10 personas que tienen conocimientos del tema.

El análisis sensorial de degustación se realizó para evaluar las características organolépticas del producto en estudio, siendo estas: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad del musculo pigmentado de la trucha. Dicho análisis organoléptico fue realizado por 10 panelistas, los cuales fueron capacitados para calificar de la forma más idónea el producto en investigación.

Para realizar el análisis estadístico fue necesario utilizar la prueba de rangos de Friedman, debido a que los datos son no paramétricos. Siendo la fórmula aplicada:

$$X^2 = \frac{12}{n(n+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

$$r = \frac{t}{t+1}$$

Dónde:

X^2 = Chi – Cuadrado

$\sum R^2$ = Sumatoria de rangos al cuadrado

Tabla 17. Valoración de las características de color

VARIABLE	VALOR X ²	VALOR TABLA (1%)	VALOR TABLA (5%)	SIGNIFICANCIA	MEJORES TRATAMIENTOS
COLOR	10,53	11,34	7,815	*	T3
TEXTURA	4,59	11,345	7,815	NS	T3-T2
AROMA	2,01	11,345	7,815	NS	T2-T1
SABOR	1,83	11,345	7,815	NS	T3-T2
ACEPTABILIDAD	0,69	11,345	7,815	NS	T2-T3

Elaborado por: El Autor

* = Significativo

** = Altamente Significativo

NS= No Significativo

La tabla 17 indica claramente que existe una diferencia significativa estadística para la variable color, lo que no ocurre con las variables: aroma, sabor, textura y aceptabilidad que son significativamente iguales. Esto significa que el filete de la trucha tiene cualidades variadas de aceptación.

En cuanto a la variable color, la prueba de Friedman, muestra una diferencia entre los tratamientos, esto se atribuye a que el color obtenido fue gracias a la adición de carotenoides del pimiento rojo a razón del 3.5 % en relación al alimento, por ello afecta la gama de colores que puede presentar el filete de trucha pigmentada.

Para las variables textura, aroma, sabor y aceptabilidad la prueba de Friedman indica que no existe diferencias estadísticas, tomando este resultado como positivo para nuestra investigación ya que al ser similares las características no afecta la demanda de trucha pigmentada con carotenoides del pimiento rojo.

Dentro de los tratamientos, se consideran los mejores calificados al: **T3** (3.5 % de harina de pimiento rojo) y **T2** (2.5 % de harina de pimiento rojo); esto se debe a que fueron los mejores calificados en cuanto al color además se indica claramente que los catadores tienen mayor afinidad hacia el filete con mayor coloración considerándose como un alimento de elevada aceptación organoléptica.

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por De la Mora (1996) en su estudio “Efectos de pigmentación en el musculo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante el uso de extractos pigmentantes de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) y paprika (*Capsicum annuum*) incorporados en el alimento balanceados.

Al respecto (Andino Barrera & Lopez Burbano, 2011) reportaron similares resultados en su estudio titulado “Aplicación de pigmentos naturales (extracto de ají) en dietas balanceadas para trucha arcoíris y su fijación con selenio “orgánico”.

4.6. Análisis de costos de producción

Tabla 18. Relación costo beneficio para el tratamiento T1 (1.5 % Harina de pimienta)

UNIDAD	TOTAL (USD)
EGRESOS	56,29
INGRESOS	67,50
COSTO/BENEFICIO	1,20

Elaborado por: El Autor

Una vez realizado el análisis de la relación costo/beneficio para el tratamiento T1 (Tabla 18) se indica que por cada dólar invertido se obtiene un margen de ganancia o rentabilidad de 0.20 ctvs. de dólar.

Tabla 19. Relación costo beneficio o para el tratamiento T2 (2.5 % Harina de pimienta)

UNIDAD	TOTAL (USD)
EGRESOS	56,45
INGRESOS	75,00
COSTO/BENEFICIO	1,33

Elaborado por: El Autor

De igual manera la relación costo/beneficio para el tratamiento T2 (Tabla 19) indica que por cada dólar invertido se obtuvo un margen de ganancia o rentabilidad de 0.33 ctvs. de dólar.

Tabla 20. Relación costo beneficio para el tratamiento T3 (3.5 % Harina de pimienta)

UNIDAD	TOTAL (USD)
EGRESOS	56,61
INGRESOS	88,60
COSTO/BENEFICIO	1,56

Elaborado por: El Autor

Para el tratamiento T3 (Tabla 20) en la relación costo/beneficio, por cada dólar invertido se obtuvo un margen de ganancia o rentabilidad de 0.56 ctvs. de dólar.

Tabla 21. Relación costo beneficio para el tratamiento T4 (balanceado comercial sin pigmento)

UNIDAD	TOTAL (USD)
EGRESOS	54,49
INGRESOS	67,50
COSTO/BENEFICIO	1,24

Elaborado por: El Autor

En el tratamiento T4 (Tabla 21), el costo/beneficio por cada dólar invertido se obtuvo un margen de ganancia o rentabilidad de 0.24 ctvs. de dólar.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La adición de *Capsicum annum* como sustancia pigmentante, en las dietas terminadas para la alimentación de la trucha arco iris no afectó ni en el crecimiento ni la eficiencia nutritiva a lo largo del experimento.
- La adición de un 3,5 % de harina de pimienta (T3) dio como resultado la máxima pigmentación del filete (número 24 en el abanico colorimétrico de Roche) que es la más se cercana a la pigmentación óptima requerida para la comercialización de la trucha en los mercados nacionales.
- Las pruebas organolépticas después de la cocción mostraron que la adición del pimienta rojo no afectó la palatabilidad del filete, por lo que su adición en dietas comerciales podrían ser de gran valor, ya que maximiza el pigmento en el músculo y no altera el sabor del mismo.
- En relación Beneficio/Costo, el mejor tratamiento que obtuvo el mayor margen de rentabilidad fue el T3 (3,5 % de harina de pimienta), con una ganancia de 0,56 USD por cada dólar invertido.
- El tratamiento que mejor demanda tuvo al momento de la compra fue el T3 (3,5 % harina de pimienta) ya que al pigmentar la carne de trucha tiene más preferencia y por tanto tiene un precio elevado con respecto a la carne de trucha no pigmentada (T4).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la inclusión de harina de pimiento al 3,5% como insumo pigmentante en la alimentación de trucha, debido a que estos carotenoides son de origen orgánico y no se observó ningún efecto secundario tanto en los animales del experimento, así como alteraciones en la calidad organoléptica de los mismos. De igual forma se recomienda este nivel de inclusión porque llegó a alcanzar hasta la escala número 24 del abanico colorimétrico para salmónidos de Roche.
- No obstante, se sugiere que se realice nuevos ensayos para determinar la dosis exacta de harina de pimientos que nos de la coloración número 25 de la escala Roche, que es la exigida por los compradores tales como supermercados y restaurantes. Los mismos que podrían ser realizados a temperaturas mayores, ya que se sabe que la trucha asimila mejor el pigmento a temperaturas mayores a 10°C.
- Se recomienda utilizar melaza como adherente para facilitar la mezcla del balanceado con la harina de pimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alhtar , P., & Gray. (1999). Dietary pigmentation and deposition of a-tocopherol and carotenoids in rainbow trout muscle and liver tissue. *J. Food Sci*, 64, 234-239.
- An, G.-H., Schuman, D. B., & Johonson, E. A. (1989). Isolation of Phaffia rhodozyma mutants with increased astaxanthin content . *Applied and Environmental Microbiology*, 55, 116-121.
- Andrewes, A. G., Phaff, H., & Starr, M. P. (1976). Carotenoids of Phaffia rhodozyma, a red-pigmented fermenting yeast. *Phychemistry*, 15, 1003-1007.
- Binkowski, F., Sedmak, J. J., & Jolly , S. O. (1993). An evaluation of Phaffia yeas as a pigment source for salmonids. *Aquaculture Magazine*, 54-59.
- Bjerkeng, B. (2000). Carotenoid pigmentation of salmonid fishes-recent progress In: Cruz-Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Tapia Salazar, Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo. R., (Eds). Avances en NUtricion Acuicola V. *Memorias del V Simposium International de Nutricion Acuicola*.
- Bjerkeng, B., Storenbakken, T., & Liaaen-Jensen, S. (1992). Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. *Aquaculture. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. Aquaculture*.
- Borowitzka, G., Huisman, J., & Osborn, A. (1991). Culture of the astaxanthin-producing green alga Haematococcus pluvialis I. Effects of nutrients on growth and cell type. *J.Appl. Phycol*, 3, 295-304.
- Castro, C., & Mena, G. (1994). Control de calidad de insumos y dietas acuicolas . Pigmentos carotenoides-rol nutricional en especies samonideas y fuentes de pigmentacion . *Aquila II*, 213-227.
- Castro, E. (1992). Métodos de evaluación y certificación de pigmentación para la industria salmonera. *V International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*.
- Choubert, G., & Luquet, P. (1983). Utilization of shrimp meal for rainbow trout (salmo gairdneri Rich) pigmentation. Influence of fat content of the diet . *Aquaculture*.
- Choubert, G., Milicua, J., Gomez, R., Sance, S., Petit, H., Negre-Sadargues, G., Trilles, J. P. (1995). Utilization of carotenoids from various sources by rainbow trout: muscle clouer, carotenoid digestibility and retention. *Aquaculture International*, 205-216.
- Christansen, R., & Torrissen, O. (1996). Growth and survival of Atlantic salmon, Salmo salar L. fed different dietary levels of astaxanthin. *Growth and survival of Atlantic salmon, Salmo salar L. fed different dietary levels of astaxanthin*.

- Czygan, F.-C. (1968). Secondary carotenoids in green algae. *II. Studies on biogenesis*, 62;201-236.
- Fan, L., Vonshak, A., & Boussiba, S. (1994). Effect of temperature and irradiance on growth of *Haematococcus pluvialis*. *Biochem J.*, 30, 829-833.
- FAO. (2002). *Fisheries and Aquaculture Department*. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en
- Figuerola, J. (2009). *Calidad del agua en acuicultura : conceptos y aplicaciones*. Mexico: México :. AGT,. 1998.
- Foss, P., Storebakken, T., Austreng, E., & Liaann-Jensen, S. (1987). Carotenoids in diets for salmonids. V. Pigmentation of rainbow trout and Sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture. Carotenoids in diets for salmonids. V. Pigmentation of rainbow trout and Sea trout with astaxanthin and astaxanthin dipalmitate in comparison with canthaxanthin. Aquaculture.*
- Goodwin, T. W., & Jamirkon, M. (1954). Studies in carotenogenesis: II. Carotenoid Synthesis in the alga *Haematococcus pluvialis*. *Biochem*, 57, 376-381.
- Gouveia, L., Gomes, E., & Empis, J. (1998). Potential use of microalgae (*Chlorella vulgaris*) in the pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. *Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 202,75-79.
- Grung, M., & Liaaen-Jensen, S. (1993). Algal carotenoids 52°; Second carotenoids in a natural bloom of *Euglena sanguinea*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(8): 757-763.
- Haard, N. F. (1988). Astaxanthin formation by the red yeast *Phaffia Rhodomyza* on molasses. *Biotechnology Letters*, 10, 609-614.
- Hannasch, K., & Nelson, C. (1990). Efficacy of liquid akem glo MR bran in the pigmentation of commercial Atlantic salmon: field trial in the Bay of Fundy. *Pigment Research. Bulletin of Kemin Industries Inc*, 24, 192-196.
- Hardy, R., Castro, E., & Capdeville, A. (1994). *Pigmentations of salmonids: sources, retention, programs and regulations*. Chile: Documento técnico Fundación Chile.
- Imaki, A. (2003). *Manual de Manejo y Crianza de Truchas arco iris*.
- Jhonson, E. A., Villa, T. G., & Lewis, M. J. (1980). *Phaffia rhodomyza* as an astaxanthin source in salmonid diets. *Aquaculture*, 20, 123-134.
- Johnson, E. A., & An, G.-H. (1991). Astaxanthin from microbial sources. *Crit. Rev. Biotechnol*, 11(4), 297-326.
- Kamata, T. (1985). Study of astaxanthin diester in the flower *Adonis gestivalis* and its application for the pigmentation of rainbow trout.

- Khare, A., Moss, G., Weddo, B., & Matthews A. (1973). Identification of astaxanthin in scottish salmon. *Identification of astaxanthin in scottish salmon*.
- Kobayashi, M., Kakizono, T., & Nagai, S. (1991). Astaxanthin production by a green lga *Haematococcus pluvialis* accompanied with morbhological changes in acetate media . *J. Ferment Bioeng.*, 71,335339.
- Lambertsen, G., & Braekkan, O. (1971). Method of analysis of astaxanthinnand its occurrence in some marine products. *J Sci. food Agric*, 123-134.
- Liñan, W. (2007). *Crianza de Truchas*. Perú: Empresa Editora Macro EIRL.
- Lorenz, R. T., & Cysewski, G. R. (2000). Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends Biotechnol*, !8, 160-167.
- Mantilla, B. (2004). *Acuicultura*. Perú: Editora Palomino E.I.R.L.
- Markovits, A. (1991). Potencial fuente de astaxantina . *Chile pesquero*, 69, 25-26.
- Martin, J., Lennis, L., Orozco, M., & Solarte, C. (1998). Extraccion del pigmento del pimienta (capsicum annun) y cuantificacion de los carotenoides mayororitarios: capsantina y capsorubina.
- Meyers, S., & Bligh, D. (1981). Characterization of astaxanthin pigments from heat-processed crawfish waste. *J. Agric. Food Chem*, 29,505-508.
- Mora, V., Uyaguari, M., & Osorio, V. (2004). *Situacion Actual de las Especies Introducidas en el Ecuador con Fines Acuicolas*.
- Morimoto, T., Amato, T., & Okamoto, M. (1989). *The accumulation of pigments from paprika and other sources in the integument of fancy red carp Cyprinus carpio*. Toba.
- Nickell, D., & Bromage, N. (1997). Problems of pigmentation: lipids and maturation.
- Orna, E. (2010). Manual de Alimento Balanceado para Truchas. En E. Orna, *Manual de Alimento Balanceado para Truchas*. Peru.
- Pardo, G., Quintero, A., & Quintero, L. (2011). Manual técnico para la producción de peces de consumo a pequeña escala en el departamento de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 100pg.
- Philips, V. (2006). *El nombre de este pez deriva de la peculiar coloración que posee (figura 1), misma*. Chile.
- priksen, Priksen, N. T., & Inversen, J. L. (1994). Photosynthetic pigments as nitrogen stores a *Rhodomonas* sp. 3rd international Marine Biotechnology conference. *Tromsoe-University.*, 116.
- Ragash. (2009). *manual de crianza de truchas*. Obtenido de www.cedepperu.org

- Restrom , B., & Liaaen-Jensen, S. (1981). Fatty acid composition of some esterified carotenoids. *Com. Biochem Physiol*, 69B, 626-627.
- Restrom, B., Borch, G., Skulberg, O. M., & Liaaen-Jensen, S. (1981). *Optical purity of (3S, 3'S)-astaxanthin from Haematococcus pluvialis.*, 20(11), 2561-2564.
- Rodriguez- Amaya, D. (1997). La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados. *Procesados y Almacenados*.
- Saito, A., & Riger, L. (1971). Pigmentation of brook trout by feeding dried crustacean waste. *J. Fish Re. Can.*
- Schiebt, K., Bischof, S., & Glinz, E. (1995). Isolation of astaxanthin and its metabolites from skin of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Carotenoids. *Isolation of astaxanthin and its metabolites from skin of Atlantic salmon (Salmo salar). Carotenoids*.
- Shahidi, F., Shahidi F., Metusalch , A., & Brown, j. (1998). Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. *Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture*.
- Sinnot, R. (1989). keep them in the pink to stay competitive. *Fish farmer*.
- Sommer, T. R., Potts, W. T., & Morrissy, N. M. (1991). Utilization of microalga astaxanthin by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* , 94, 79-88.
- Spinelli, A. L., & Haard, N. F. (1991). pigmentation of rainbow trout with enzyme-treated and spray dried *Phaffia rhodozyma* . *The Progressive Fish Culturist*, 53.
- Tangeràs, A., & Slinde, E. (1994). Coloring of salmonids in aquaculture the yeast *Phaffia rhodozyma* as a source of astaxanthin (ed by Martin, A.M.) . *Fisheries processing ; Biotechnological Applications Chaman and Hall, London.*, 148-168.
- Torrissen , O. J., Hardy, R. W., & Shearer, K. D. (1989). Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. *Reviews in Aquatic Sciences*, 1, 209-225.
- Torrissen, O. (1985). factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout. *Pigmentation of salmonids*.
- Torrissen, O. J., Hardy, R. W., & Shearer, K. D. (1989). Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. *Reviews in Aquatic Science*, 1, 209-225.
- Torrissen, O., & Christiansen, R. (1995). Requirements for carotenoids in fish diets. *Journal of Applied Ichthyology*.
- Vernon-C., J., Ponce-P, J., & Pedroza-I, R. (1994). Bioensayo de pigmentación de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) con extractos de chile ancho (*capsicum annum*). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 44(4).252-255.

- Yanar, M., Kumlu, M., Celik, Y., Yanar, Y., & Tekelioglu, N. (1997). Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) with carotenoids from red pepper. *The Israeli Journal Of Aquaculture Badmidgeh*, 49(4), 193-198.
- Young, A., & Britton, G. (1998). Carotenoid in photosynthesis. *Chapman and Hall*, 498.

ANEXOS

Anexo 1. Distribución de tratamientos y repeticiones

T1 R2 (1.5%)	T3 R2 (3.5)	T4R2 Sin pigmento	T2R2 (2.5%)
------------------------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------

T2R3 (2.5%)	T1 R3 (1.5%)	T4R3 Sin pigmento	T3R3 (3.5%)
-----------------------	------------------------	--------------------------------	-----------------------

T4R2 Sin pigmento	T3 R2 (3.5%)	T1R2 (1.5%)	T2R2 (2.5%)
--------------------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------

Elaborado por: El Autor

Anexo 2. Análisis sensorial para la característica de color antes de la cocción

PANELISTA	T1	T2	T3	T4	Σ
1	22	23	24	20	90
2	22	22	24	20	88
3	21	23	24	20	88
4	22	23	23	21	89
5	23	23	24	21	91
6	22	23	24	20	89
7	22	24	24	20	90
8	23	23	24	20	90
9	22	23	24	20	89
10	22	22	25	20	89
Σ	221	229	241	202	893
\bar{x}	22,1	22,9	24,1	20,2	

Elaborado por: El Autor

Anexo 3. Rangos de las características de color

TRATAMIENTOS					
PANELISTA	T1	T2	T3	T4	
1	2	3	4	1	10
2	2,5	2,5	4	1	10
3	2	3	4	1	10
4	2	3,5	3,5	1	10
5	2,5	2,5	4	1	10
6	2	3	4	1	10
7	2	3,5	3,5	1	10
8	2,5	2,5	4	1	10
9	2	3	4	1	10
10	2,5	2,5	4	1	10
Σ	22	29	39	10	100
CUADRADOS	484	841	1521	100	
RANGOS	2,2	2,9	3,9	1	

VALOR	F.TAB	F.TAB.	SIGNIFICANCIA	MEJORES
X²	1%	5%		TRATAMIENTOS
26,76	11,345	7,815	**	T3-T2

Elaborado por: El Autor

Anexo 4. Análisis sensorial para la característica de color después de la cocción

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T 1	T 2	T 3	T 4	Σ
1	4	4	8	2	18
2	4	6	6	4	20
3	6	8	10	4	28
4	4	6	8	4	22
5	6	6	6	8	26
6	6	6	6	6	24
7	6	6	8	4	24
8	4	4	6	2	16
9	4	4	4	2	14
10	2	4	4	2	12
Σ	46	54	66	38	
\bar{x}	4,6	5,4	6,6	3,8	

Elaborado por: El Autor

r = Catadores

t = Tratamiento

Anexo 5. Rangos de las características de color

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T1	T2	T3	T4	Σ
1	3	1,5	4	1,5	10
2	1,5	3,5	3,5	1,5	10
3	2	3	4	1	10
4	1,5	3	4	1,5	10
5	2	2	2	4	10
6	2,5	2,5	2,5	2,5	10
7	2,5	2,5	4	1	10
8	2,5	2,5	4	1	10
9	3	3	3	1	10
10	1,5	3,5	3,5	1,5	10
Σ	22	27	34,5	16,5	100
CUADRADOS	484	729	1190,25	272,25	2675,5
RANGOS	2,2	2,2	3,25	2,25	

Elaborado por: El Autor

VARIABLE	VALOR X2	F.TAB 1%	F.TAB. 5%	SIGNIFICANCIA	MEJORES TRATAMIENTOS
COLOR	10,53	11,34	7,815	*	T3

SIGNIFICATIVO

Elaborado por: El Autor

Anexo 6. Valoración de las características de textura

TRATAMIENTOS					
TEXTURA	T1	T2	T3	T4	Σ
1	6	6	6	6	24
2	10	10	8	8	36
3	2	6	6	6	20
4	10	6	10	4	30
5	4	8	6	6	24
6	8	8	10	8	34
7	10	8	10	8	36
8	8	8	8	6	30
9	4	8	8	4	24
10	4	6	4	4	18
Σ	66	74	76	60	
\square	6,6	7,4	7,6	6	

Elaborado por: El Autor

Anexo 7. Rangos de las características de textura

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T1	T2	T3	T4	Σ
1	2,5	2,5	2,5	2,5	10
2	3,5	3,5	1,5	1,5	10
3	1	3	3	3	10
4	3,5	2	3,5	1	10
5	1	4	2,5	2,5	10
6	2	2	4	2	10
7	3,5	1,5	3,5	1,5	10
8	3	3	3	1	10
9	1,5	3,5	3,5	1,5	10
10	2	4	2	2	10
Σ	23,5	29	29	18,5	100
Σ2	552,25	841	841	342,25	2576,5
RANGOS	2,35	2,9	2,9	1,85	

Elaborado por: El Autor

VARIABLE	VALOR	F.TAB	F.TAB.	SIGNIFICANCIA	MEJORES
	X2	1%	5%		TRATAMIENTOS
TEXTURA	4,59	11,345	7,815	NS	T3-T2

Elaborado por: El Autor

Anexo 8. Valoración de las características de olor

TRATAMIENTOS					
OLOR	T1	T2	T3	T4	Σ
	1,5	2,5	3,5	0	
1	8	10	8	10	36
2	8	10	6	8	32
3	4	4	6	8	22
4	6	8	4	8	26
5	4	10	8	10	32
6	8	8	6	8	30
7	10	8	10	8	36
8	8	6	6	8	28
9	8	10	10	8	36
10	8	8	6	6	28
Σ	72	82	70	82	
<u>X</u>	7,2	8,2	7	8,2	

Elaborado por: El Autor

Anexo 9. Rangos de las características de olor

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T1	T2	T3	T4	Σ
	2,5	4	2,5	1	10
	3,5	3,5	1,5	1,5	10
	1,5	1,5	3	4	10
	2	3,5	1	3,5	10
	1	4	3	2	10
	3	3	1	3	10
	3,5	1,5	3,5	1,5	10
	3,5	1,5	1,5	3,5	10
	1,5	3,5	3,5	1,5	10
	3,5	3,5	1,5	1,5	10
Σ	25,5	29,5	22	23	100
Σ2	650,25	870,25	484	529	2533,5
RANGOS	2,55	2,95	2,2	2,3	

Elaborado por: El Autor

VARIABLE	VALOR	F.TAB	F.TAB.	SIGNIFICANCIA	MEJORES
	X2	1%	5%		TRATAMIENTOS
OLOR	2,01	11,345	7,815	NS	T2-T1

Elaborado por: El Autor

Anexo 10. Valoración de la característica del sabor

TRATAMIENTOS					
SABOR	T1	T2	T3	T4	Σ
1	6	8	8	6	28
2	8	10	8	6	32
3	6	6	6	6	24
4	8	6	6	4	24
5	8	10	8	10	36
6	8	8	8	6	30
7	8	6	8	8	30
8	10	8	8	8	34
9	8	10	10	8	36
10	6	6	8	8	28
Σ2	625	729	756,25	420,25	2530,5
RANGOS	2,5	2,7	2,75	2,05	

Elaborado por: El Autor

Anexo 11. Rangos de las características de sabor

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T1	T2	T3	T4	Σ
1	1,5	3,5	3,5	1,5	10
2	2,5	4	2,5	1	10
3	2,5	2,5	2,5	2,5	10
4	4	2,5	2,5	1	10
5	1,5	3,5	1,5	3,5	10
6	3	3	3	1	10

7	3	1	3	3	10
8	4	2	2	2	10
9	1,5	3,5	3,5	1,5	10
10	1,5	1,5	3,5	3,5	10
Σ	25	27	27,5	20,5	100
Σ^2	625	729	756,25	420,25	2530,5
RANGOS	2,5	2,7	2,75	2,05	

Elaborado por: El Autor

VARIABLE	VALOR	F.TAB	F.TAB.	SIGNIFICANCIA	MEJORES
	X2	1%	5%		TRATAMIENTOS
SABOR	1,83	11,345	7,815	NS	T3-T2

Elaborado por: El Autor

Anexo 12. Valoración de las características de aceptabilidad

TRATAMIENTOS					
ACEPTABILIDAD	T1	T2	T3	T4	Σ
1	8	8	8	10	34
2	6	10	6	8	30
3	8	8	8	8	32
4	8	8	10	6	32
5	8	10	8	10	36
6	8	8	6	8	30
7	10	8	10	8	36
8	10	10	10	8	38
9	8	10	10	8	36
10	6	6	8	8	28
Σ	80	86	84	82	
\bar{X}	8	8,6	8,4	8,2	

Elaborado por: El Autor

Anexo 13. Rangos de las características de aceptabilidad

TRATAMIENTOS					
DEGUSTADORES	T1	T2	T3	T4	Σ
1	2	2	2	4	10
2	1,5	4	1,5	3	10
3	2,5	2,5	2,5	2,5	10
4	2,5	2,5	4	1	10
5	1,5	3,5	1,5	3,5	10
6	3	3	1	3	10
7	3,5	1,5	3,5	1,5	10
8	3	3	3	1	10
9	1,5	3,5	3,5	1,5	10
10	1,5	1,5	3,5	3,5	10
Σ	22,5	27	26	24,5	100
Σ^2	506,25	729	676	600,25	2511,5
RANGOS	2,25	2,7	2,6	2,45	

Elaborado por: El Autor

VARIABLE	VALOR X2	F.TAB 1%	F.TAB. 5%	SIGNIFICANCIA	MEJORES TRATAMIENTOS
ACEPTABILID AD	0,69	11,345	7,815	NS	T2-T3

Elaborado por: El Autor

Anexo 14. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T1

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 154616
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE:
DIRECCIÓN:
FECHA DE RECEPCIÓN:
MUESTRA:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
ENVASE:
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:
FECHA DE VENCIMIENTO:
LOCALIZACIÓN:
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:
REFERENCIA:
MUESTREO:
CONDICIONES AMBIENTALES:

Andrés Imbaquingo
Cayambe
26 de noviembre del 2015
Filete de trucha arcoiris T1
Filete de trucha
Funda de polietileno
25 de noviembre del 2015

Cayambe
26 de noviembre – 14 de diciembre del 2015
154616
Por cliente
24°C 36%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Contenido de Carotenoides (µg/Kg)	Espectrofotométrico	15.70


Dr. Oscar Luzuriaga
PRESIDENTE


ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO
Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412
e-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec
www.labolab.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 15. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el músculo del T2



LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 154617
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE:	Andrés Imbaquingo
DIRECCIÓN:	Cayambe
FECHA DE RECEPCION:	26 de noviembre del 2015
MUESTRA:	Filete de trucha arcoiris T2
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Filete de trucha
ENVASE:	Funda de polietileno
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	25 de noviembre del 2015
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
LOCALIZACIÓN:	Cayambe
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	26 de noviembre – 14 de diciembre del 2015
REFERENCIA:	154617
MUESTREO:	Por cliente
CONDICIONES AMBIENTALES:	24°C 36%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Contenido de Carotenoides (µg/Kg)	Espectrofotométrico	18.20


Dr. Oscar Luzuriaga
 PRESIDENTE

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.



LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros

Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412

e-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

www.labolab.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 16. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el musculo del T3

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 154618
Hoja 1 de 1

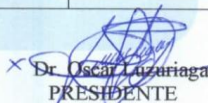
NOMBRE DEL CLIENTE:
DIRECCIÓN:
FECHA DE RECEPCIÓN:
MUESTRA:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
ENVASE:
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:
FECHA DE VENCIMIENTO:
LOCALIZACIÓN:
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:
REFERENCIA:
MUESTREO:
CONDICIONES AMBIENTALES:

Andrés Imbaquingo
Cayambe
26 de noviembre del 2015
Filete de trucha arcoiris T3
Filete de trucha
Funda de polietileno
25 de noviembre del 2015

Cayambe
26 de noviembre – 14 de diciembre del 2015
154618
Por cliente
24°C 36%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Contenido de Carotenoides (µg/Kg)	Espectrofotométrico	24.50


Dr. Oscar Luzuriaga
PRESIDENTE

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO
Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412
e-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec
www.labolab.com.ec
Quito - Ecuador

Anexo 17. Resultados de laboratorio para la variable contenido de carotenoides en el musculo del T4

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 154619
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE:
DIRECCIÓN:
FECHA DE RECEPCION:
MUESTRA:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
ENVASE:
FECHA DE TOMA DE MUESTRA:
FECHA DE VENCIMIENTO:
LOCALIZACIÓN:
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:
REFERENCIA:
MUESTREO:
CONDICIONES AMBIENTALES:

Andrés Imbaquingo
Cayambe
26 de noviembre del 2015
Filete de trucha arcoíris T4
Filete de trucha
Funda de polietileno
25 de noviembre del 2015

Cayambe
26 de noviembre – 14 de diciembre del 2015
154619
Por cliente
24°C 36%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Contenido de Carotenoides (µg/Kg)	Espectrofotométrico	15.40

X

Dr. Oscar Luzuriaga
PRESIDENTE

LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA REGISTRO SANITARIO
Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax.: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel.: 0999590-412
e-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec
www.labolab.com.ec
Quito - Ecuador

56

FOTOGRAFIAS

Anexo 18. Construcción de las jaulas



Anexo 19. Construcción de las jaulas



Anexo 20. Adecuación del pimiento para el secado



Anexo 21. Secado del pimiento



Anexo 22. Molido del pimiento



Anexo 23. Elaboración de las dietas



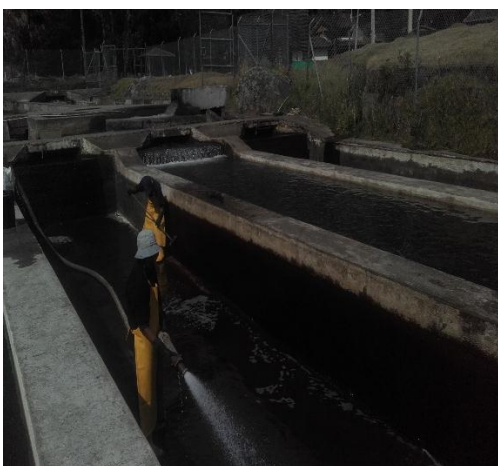
Anexo 24. Dosificación de la harina de pimient



Anexo 25. Balanceado adherido
harina de pimient



Anexo 26. Limpieza y desinfección de
las piscinas



Anexo 27. Ubicación de los animales



Anexo 28. Alimentación



Anexo 29. Toma de datos



Anexo 30. Visita de la comisión asesora



Anexo 31. Sacrificio de los animales



Anexo 32. Fileteado



Anexo 33. Estandarización del color



Anexo 34. Comparación entre tratamientos



Anexo 35. Análisis organoléptico



Anexo 36 Mapa de ubicación

